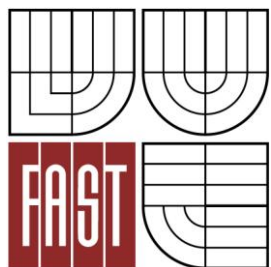




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNOLOGIE STAVEBNÍCH HMOT A DÍLCŮ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF TECHNOLOGY OF BUILDING MATERIALS AND COMPONENTS

DESKOVÉ STAVEBNÍ MATERIÁLY NA BÁZI ORGANICKÝCH PLNIV

BOARD BUILDING MATERIALS BASED ON ORGANIC FILLERS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Dalibor Konečný

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ BYDŽOVSKÝ, CSc.

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607R020 Stavebně materiálové inženýrství
Pracoviště	Ústav technologie stavebních hmot a dílců

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Dalibor Konečný

Název Deskové stavební materiály na bázi organických plniv

Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jiří Bydžovský, CSc.

Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2011

Datum odevzdání bakalářské práce 25. 5. 2012

V Brně dne 30. 11. 2011

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

CHYBÍK, J. Přírodní stavební materiály, Grada Publishing, 2009
ŠAUMAN, Z.: Maltoviny I , PC - DIR Brno s.r.o , 1993
BAREŠ, R.: Kompozitní materiály, SNTL Praha 1988
AGARWAL, B., BROUTMAN, L.: Vláknové kompozity, SNTL Praha 1987
ČSN EN 633 Cementotřískové desky - Definice a klasifikace
ČSN EN 634-1 Cementotřískové desky - Specifikace - Část 1: Všeobecné požadavky
ČSN EN 634-2 Cementotřískové desky - Specifikace - Část 2: Požadavky pro třískové desky pojené portlandským cementem pro použití v suchém, vlhkém a venkovním prostředí
ČSN EN 1328 Cementotřískové desky - Stanovení odolnosti proti mrazu
ČSN EN 1128 Cementotřískové desky - Stanovení odolnosti proti proražení tvrdým tělesem a další
Firemní literatura společnosti CIDEM Hranice, a.s., divize CETRIS

Zásady pro vypracování

Ve stavebnictví jsou v současné době v převážné míře využívány neobnovitelné suroviny. Pro některé stavební materiály však lze použít i suroviny obnovitelné, mezi něž patří zejména dřevo, ale lze využít i jiné alternativní obnovitelné suroviny.

Cílem bakalářské práce bude prozkoumat dosavadní aplikace obnovitelných surovin ve stavebních materiálech jednak u nás, ale i v zahraničí, kde je jejich použití značně čtenější.

Následně budou tyto informace analyzovány a hodnoceny z hlediska typu využití obnovitelné suroviny včetně její předúpravy, výrobního postupu daného materiálu, a rovněž z hlediska možností využití konkrétních materiálů na bázi obnovitelných surovin ve stavebních konstrukcích.

Na základě zhodnocení stávajícího stavu bude proveden návrh možných modifikací v tuzemsku vyráběných cementotřískových desek z hlediska substituce jejich plniva.

Rozsah bakalářské práce cca 40 stran.

Předepsané přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

.....
doc. Ing. Jiří Bydžovský, CSc.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Ve stavebnictví jsou v současné době v převážné míře využívány neobnovitelné suroviny. Pro některé stavební materiály však lze použít suroviny obnovitelné. Práce se zabývá popisem možných surovin pro výrobu deskových stavebních materiálů se zaměřením na organická plniva. Na základě zjištěných informací bude předložen návrh substituce dřeva jinou obnovitelnou surovinou pro výrobu cementotřískových desek. Dále je udělán přehled evropských výrobců desek na bázi organických plniv a porovnání jejich produktů.

Klíčová slova

Cementotřísková deska, obnovitelné suroviny, pazdeří, dřevní tříska, štěpka, plnivo

Abstract

Present-day construction industry predominantly uses non-renewable raw materials. However, it is possible to use renewable raw materials for some construction materials. This thesis deals with a description of the plausible raw materials suitable for a production of board-type construction materials and focuses mainly on the organic fillers. On basis of the information discovered, this thesis presents a proposition of substitution of wood by a different renewable raw material used for a production of cement-bonded particle boards. Additionally, an overview of European organic filler-based board manufacturers is presented along with a comparison of their products.

Keywords

Cement-bonded particle board, renewable raw materials, shives, wood particle, chip, filler

Bibliografická citace VŠKP

KONEČNÝ, Dalibor. *Deskové stavební materiály na bázi organických plniv*. Brno, 2012. 65 s., 0 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce doc. Ing. Jiří Bydžovský, CSc..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně, a že jsem uvedl všechny použité, informační zdroje.

V Brně dne 23.5.2012

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu práce doc. Ing. Jiřímu Bydžovskému, CSc. za podnětné připomínky k práci a organizaci exkurze do výroby cementotřískových desek CIDEM Hranice, a.s. - divize CETRIS. Dále děkuji Ing. Šárce Keprdové za pomoc při psaní této práce.

Obsah

1. Úvod	10
2. Cíl práce	12
3. Kompozitní materiály	13
4. Suroviny	14
4.1 Plniva	14
4.1.1 Dřevo	17
4.1.1.1 Druhy dřevin	18
4.1.1.2 Fyzikální stavba dřeva	20
4.1.1.3 Chemická stavba dřeva	22
4.1.1.4 Vlastnosti dřeva	23
4.1.1.5 Piliny	26
4.1.1.6 Třísky	27
4.1.1.7 Štěpky	28
4.1.1.8 Vlákna	29
4.1.2 Len	30
4.1.3 Konopí	31
4.1.4 Sláma	32
4.1.5 Textilní vlákna	33
4.1.6 Kokosová vlákna	35
4.1.7 Bambus	36
4.1.8 Polymerní organické materiály	36
4.2 Pojiva	36
4.2.1 Cement	37
4.2.2 Hořečnatá maltovina	38
4.3 Příměsi	39
4.3.1 Popílek	39
4.3.2 Struska	40

4.4	Příklady	40
4.4.1	Vodní sklo	40
4.4.2	Urychlovače tuhnutí	41
5.	Přehled deskových stavebních materiálů na bázi organických plniv	42
5.1	Cementotřískové desky	45
5.2	Desky z dřevité vlny a cementu	46
5.3	Cementoštěpkové desky	48
6.	Způsob výroby cementotřískových desek	49
6.1.	CIDEM Hranice, a.s. - divize CETRIS	49
7.	Další výrobci deskových stavebních materiálů na bázi organických plniv	51
7.1	Eternit	51
7.2	Binos	52
7.3	Eltomation	52
7.4	Betopan	54
7.5	Falco wood industry	54
7.6	Viroc	55
7.7	Tamak	55
7.8	Amroc	55
8.	Diskuze	56
9.	Závěr	59
10.	Literatura	61
11.	Seznam použitých zkratk a symbolů	65

1. Úvod

Minulý rok jsem byl na jeden semestr v Německu, kde jsem byl na exkurzi v domě postaveném z dřevobetonových panelů. Tam mě tento materiál velice oslovil a chci se mu věnovat více. Myšlenka byla postavení třípodlažního domu z dřevěných materiálů. Celý dům byl postaven čistě z dřevocementových nosných desek. Deska se skládala ze dvou 8 cm tlustých desek, mezi kterými byla mezera vyplněná izolačním materiálem vyrobeným z dřevěných vláken. Tato budova splňuje německé požadavky pro pasivní dům a až na cement, který funguje jako spojovací materiál pro dřevěné štěpky, je postavená celá ze dřeva. Dřevěné panely jsou zabroušeny, takže se dají použít bez dalších úprav rovnou jako podklad pod omítku. Panely také mají výborné tepelně a zvukově izolační vlastnosti a vytváří příjemné vnitřní klima. Určitou výhodou je taky to, že na dotyk působí konstrukce jako masivní a panely se dají jednoduše upravovat.

Stavební průmysl spotřebuje velké množství surovin. Pokud chceme zajistit trvale udržitelný rozvoj na naší planetě, je třeba více využívat obnovitelné suroviny. Výhoda obnovitelných surovin není jenom v tom, že se nevyčerpají těžbou, ale také v tom, že se dají pěstovat blíže odběrateli, čímž se snižují náklady na dopravu a znečištění prostředí, které s dopravou souvisí. Prvky vyrobené z obnovitelných surovin jsou lehké a tím také přispívají ke zjednodušení transportu i montáže.

Dalším důvodem, proč mě organická plniva začala zajímat, je to, že se jedná o obnovitelnou surovinu, je jednodušší na zpracování, a tudíž ekologičtější. Řešení ochrany životního prostředí ve stavebnictví lze rozdělit do tří fází:

1. Vlastní výroba stavebních materiálů. Úkolem je minimalizovat těžbu přírodních surovin, snižovat energetickou náročnost výroby staviv, omezovat dopravní zátěž a uplatňovat maloodpadovou (bezodpadovou) technologii.
2. Nahrazovat přírodní suroviny sekundárními (odpady). V řadě technologií lze zčásti využívat odpady z jiných odvětví, ale také odpady ze stavenišť.
3. Recyklace odpadů z asanovaných staveb. Jedná se o naplnění sloganu „péče o výrobek od kolébky do hrobu“. Vedle zvýšené trvanlivosti a dlouhodobé

účelnosti staveb je nutné stavební suť pro výrobu nových materiálů a budování nových staveb.[1]

Těžba znamená odběr horninového materiálu v určitém prostoru – ložisku, mění reliéf krajiny, zvláště pokud jde o těžbu povrchovou. Téměř všechny suroviny pro výrobu stavebních hmot se těží povrchově, takže se každoročně zabírají plochy pro dobývací prostory ložisek. Podle mocnosti ložisek (většinou do 10 m) představuje téměř každý m³ vyrobených stavebních materiálů zábor zhruba 0,1 m² pozemků.[1] V práci zmíním výhody organických plniv a další možnosti vylepšení těchto stavebních hmot z hlediska ekologie.

I z obnovitelných surovin se dají vyrobit velice kvalitní materiály, které díky svému organickému původu zajišťují pro člověka příjemné vnitřní klima ve stavbách. Malá hmotnost velkoformátových prefabrikovaných stavebních dílců z organických surovin umožňuje rychlou výstavbu objektů s menšími nároky na techniku.

2. Cíl práce

Ve stavebnictví jsou v současné době v převážné míře využívány neobnovitelné suroviny. Pro některé stavební materiály však lze použít suroviny obnovitelné, mezi něž patří zejména dřevo, které se pro tento účel využívá již delší dobu. Jako plnivo lze využít i jiné alternativní obnovitelné suroviny, které mohou dřevo zcela nebo alespoň částečně nahradit bez ztráty požadovaných vlastností výsledného materiálu. Náhrada dřeva při výrobě deskových stavebních materiálů je účelná jak z důvodu jednodušší úpravy před zpracováním suroviny, tak z důvodu ponechání dřeva pro masivní výstavbu, pro kterou se rychle obnovitelné suroviny nehodí. Dají se tak zužít i části rostlin, které jsou pro jinou výrobu odpadem.

Cílem bakalářské práce bude prozkoumat dosavadní aplikace obnovitelných surovin ve stavebních materiálech jednak u nás, ale i v zahraničí, kde je jejich použití značně četnější. Bude vytvořen seznam evropských výrobců se stručnou charakteristikou jejich produktů a produkty následně porovnány.

Poté budou tyto informace analyzovány a hodnoceny z hlediska typu užité obnovitelné suroviny včetně její přepravy, výrobního postupu daného materiálu a rovněž z hlediska možností využití konkrétních materiálů na bázi obnovitelných surovin ve stavebních konstrukcích.

Na základě zhodnocení stávajícího stavu bude proveden návrh možných modifikací v tuzemsku vyráběných cementotřískových desek z hlediska substituce jejich plniva.

3. Kompozitní materiály

Vlastnosti deskových stavebních materiálů na bázi organických plniv se dají velice dobře variovat, protože se jedná o kompozity složené z více fází, které mají velice rozdílné vlastnosti. Tudíž už jenom měnění poměrů jednotlivých fází má za výsledek změny vlastností.

Parametry určující vlastnosti kompozitních materiálů souvisí s jejich strukturou nebo s mezifázovými vztahy (vnitřním povrchem). Jednotlivé fáze ovlivňují výsledné vlastnosti kompozitního materiálu jednak svými vlastními charakteristikami, jednak vzájemnou interakcí. Právě interakce fází přináší nové kvality, které nelze dosáhnout žádnou složkou samostatně. Toto spolupůsobení jednotlivých fází se nazývá synergický účinek. Kompozity umožňují zdůraznit výhodné vlastnosti složek a potlačit jejich nevýhodné vlastnosti podle potřeb navrhovaného prvku nebo konstrukce.[2]

Parametry ovlivňující vlastnosti kompozitů:

- Vlastnosti fází (včetně tekuté fáze – póry), tj. mechanické vlastnosti fází a jejich poměr (pevnost, moduly pružnosti, Poissonův součinitel, pracovní diagram, mezní přetvoření) a anizotropie vlastností jednotlivých fází.
- Objemové zastoupení fází, jejich geometrický tvar a jejich geometrické uspořádání v systému včetně pórů, tj. třeba množství, orientace a průměrné vzdálenosti dispergované fáze.
- Interakce jednotlivých fází a vlastnosti styku, tedy schopnost přenosu zatížení z matrice do vyztužujících částic a naopak neboli soudržnost na kontaktu fází.
- Interakce s okolním prostředím, která závisí do značné míry na předchozích třech parametrech.
- Historie materiálu i fází od jejich vzniku, která zahrnuje především časové faktory, technologii výroby apod.[2]

4. Suroviny

Podle chemické povahy rozdělujeme suroviny na anorganické a organické, která se dále dělí:

Tab. 1: Rozdělení základních surovin [1]

Anorganické suroviny		Organické suroviny		
Kovy	Minerální látky	Dřevo	Bitumeny	Plasty
ocel	přírodní	řezivo	Pojivo hydroizolace	termoplasty
hliník	keramika	plnivo (piliny, třísky, aj.)		reaktoplasty
barevné kovy	cihelne výrobky maltovin vlákna	aglomerované dřevo		elastomery pěnopolymer

Ze surovin se konkrétním technologickým postupem vyrábí výrobky, jež se ve stavebních konstrukcích neužívají jednotlivě, ale vzájemně se spojují s jinými druhy výrobků.[1]

U stavebních prvků na bázi organických plniv se musí velice dbát na správnou surovinovou skladbu. Je třeba použitím správných surovin umocnit jejich jednotlivé výhody a co nejvíce potlačit vlastnosti zhoršující jejich aplikaci ve stavebnictví.

4.1 Plniva

Organická plniva se přidávají do stavebních dílců především kvůli vylehčení. To probíhá zásluhou jejich přirozeně velké pórovitosti a mohou tedy dílce nepřímo vylehčovat. Mimoto i jejich měrná hmotnost bývá nižší než u anorganických kameniv. Další možností vylehčení materiálů je vysoká mezerovitost těchto materiálů, která umožňuje další přímé vylehčování. Dalším důvodem pro použití organických plniv je jejich obnovitelnost. Tím šetříme neobnovitelné zdroje, půdu, kterou bychom museli zabrat kvůli jejich vytěžení a energii potřebnou na těžbu a úpravu neobnovitelných surovin. Lokalitu pěstování organických surovin lze přizpůsobit, aby se nacházela co nejbližší výrobně, a tím se snížily nároky na transport surovin.

Organická plniva používané pro výrobu stavebních dílců mohou být buď přírodní, jejichž hlavním zástupcem jsou piliny a pazdeří, nebo umělé, mezi které počítáme lehčené polymerní látky. Nejvýznamnější jsou organické výplně přírodní. Dříve to byly zpravidla průmyslové odpady ze zpracování dřeva a jiných rostlinných produktů. To je ekonomicky výhodné, ale přináší to i určité potíže, jako je různorodá jakost suroviny nebo její dostupnost. Proto se často přistupuje k záměrné výrobě organických výplní i z přírodních materiálů.[3]

Organické suroviny mají jako plniva do cementových směsí nevýhodu, a to takovou, že obsahují organické látky na bázi celulózy. Celulóza je polysacharid složený z 1000-3000 molekul glukózy. Glukóza je jednoduchý cukr, který způsobuje zpomalení nebo dokonce zastavení hydratace cementu a snižuje výsledné pevnosti materiálu. Jakékoliv zpomalení hydratace je při praktické výrobě desek velice nebezpečné. Hrozí totiž, že desky nezískají dostatečnou manipulační pevnost v takovém časovém úseku, na jaký je výroba nastavená. Desky se pak mohou při manipulaci znehodnotit. I když projdou desky celou výrobní linkou nepoškozené, je zde stále nebezpečí, že díky většímu obsahu glukózy nenabudou dostatečné finální pevnosti a stávají se buď zbožím druhé jakosti, nebo odpadem.

Princip zpomalení tuhnutí cementu se vysvětluje vznikem sloučenin na povrchu hydratujících zrn cementu, které zpomalují difúzi molekul vody a tím i kinetiku hydratace. Zvláště účinné v tomto ohledu jsou cukry tvořící s ionty Ca^{2+} sacharát vápenatý. Cukr je snadno rozpustný a je schopen vázat všechny uvolňované ionty Ca^{2+} a omezovat tuhnutí cementu tím, že znemožňuje vytvoření přesyceného roztoku $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Glukóza tvoří na zrnech cementu monomolekulární vrstvu, proto stačí malé procento glukózy z množství cementu rozpuštěné v záměsové vodě pro nechtěné zpomalení hydratace.[4]

Omezit nepříznivý vliv celulózy se dá správným výběrem materiálu, který jí obsahuje méně, ale úplně se jí vyhnout nemůžeme. Proto se musí podnikat další opatření, která sníží vliv škodlivin. Dá se provést vyvaření ve vodě a následné vysušení. Účinné je také krátkodobé zahřátí na vysokou teplotu (až 300 °C) nebo vystavení v tenké vrstvě slunečnímu záření. Tato opatření jsou ale neekonomická, trvají moc dlouho a vyžadují příliš velké skladovací plochy. Proto se v praxi nepoužívají. Používá se jenom technologie rychlého prohřátí dřevěných částic mikrovlnným zářením. To zachovává

system kontinuální výroby. Přístroje na tuto úpravu dřeva jsou ale velice drahé a je obtížné nastavit jejich výkon tak, aby dřevo jen prohřívalo a nezapalovalo ho.

Další nevýhodou organických surovin jako plniv jsou jejich objemové změny v závislosti na změnách vlhkosti. Organické materiály jsou hygroskopické, to znamená, že jsou schopné pohlcovat a zadržovat vzdušnou vlhkost za změny svého objemu. Mají také vysokou hodnotu stálé vlhkosti. Takové objemové změny by vedly k poškození prvků, které obsahují organická plniva. Proto se přistupuje k tzv. mineralizaci. Jedná se o jakési zkameňování organických plniv před jejich zamícháním s cementem. Mineralizace má především omezovat objemové změny organických plniv, někdy se jí však přisuzuje také vliv na zmírnění účinků přítomných škodlivin, a to hlavně celulózy. Mineralizace nikdy úplně neodstraní objemové změny, pouze je ustálí a přiblíží chování organických plniv anorganickým kamenivům. Jako mineralizátory se používají anorganické soli. Nejpoužívanější a nejčastější je roztok vodního skla (Na_2SiO_3) nebo chloridu vápenatého (CaCl_2). Tyto soli jsou nejvýhodnější z hlediska technologie i ekonomie výroby. Dalšími možnostmi jsou například dusičnan draselný nebo sodný, síran hlinitý atd. Mineralizační účinky mají i jiné látky, jako je například vodní suspenze bentonitu. Ta působí nejspíše tak, že ucpe póry organických výplní. Dále se dá používat cementové nebo vápenné mléko. Rozprostřené organické částice se buď kropí, nebo se dá použít zamíchání v míchačce s nuceným oběhem. Ideální by bylo nechat potom částice vyschnout, a až potom zpracovat. To ale dělá výrobu diskontinuální, pomalejší a s velkými nároky na prostory. Při použití chemikálií je možné postup urychlit a mineralizovat rovnou v míchačce před přidáním ostatních složek směsi. Anorganické soli mineralizují tak, že nasatí buněčné stěny rostlinných materiálů a eventuálně vysrážejí samy sebe nebo ve formě novotvarů v jejich pórech nebo na jejich povrchu. Z toho vyplývá, že maltoviny, které obsahují dostatek takových solí, mineralizují samy od sebe, a proto organické materiály do směsí pojených těmito maltovinami předem nemineralizujeme. Podobně jako to není třeba u hydrofobizujících pojiv, jako jsou smoly, asfalty a pojiva z plastických látek.[3]

Typické vlastnosti organických výplní se přenáší i na dílce z nich vyráběné, a tak i přes prováděnou mineralizaci mají stavební materiály s organickými plnivy vyšší objemové změny v závislosti na změnách vlhkosti. Tyto materiály mají i vyšší hydratační objemové změny. Je to dáno vysokou dávnou cementu, větším vodním součinitelem

a méně pevnou kostrou, která by smršťování podržela. Organická plniva ale přináší i pozitivní vlastnosti, jako je snížení křehkosti a vylepšení poměru pevnosti v tahu k pevnosti v tlaku. Organická plniva také zlepšují tepelně izolační vlastnosti, jenom je třeba myslet na fakt, že prvky zabudované do konstrukce mají větší stálou vlhkost, která tepelně izolační vlastnosti o něco zhorší. Organické částice také snižují dynamickou tuhost, takže se dají používat jako zvukoizolační panely. Stavební prvky složené z cementu a dřevěných třísek nebo pilin mají vysokou hodnotu měrné tepelné kapacity. To z nich dělá zajímavé materiály z hlediska akumulace tepla.

4.1.1 Dřevo

Dřevo doprovází člověka ve stavebnictví od jeho počátku. Je to dostupný materiál s velice dobrým poměrem pevnosti k hmotnosti a je dobře opracovatelné. I v moderní době zůstává konkurenceschopné ve srovnání s betonem a ocelí. A protože vývoj musí jít ve všech oborech dopředu, tak i ve spojení se dřevem jsou stále vyvíjeny nové technologie a postupy jak co nejlépe využít dobrých vlastností dřeva.

Kolem 35% České republiky je zalesněno, když vezmeme v úvahu, že dřevo je obnovitelná surovina, která stále dorůstá, dostáváme velice stabilní surovinovou základnu. V minulých letech dokonce v Německu přirostlo více krychlových metrů dřeva, než bylo vytěženo.

Ačkoliv poměr nízké objemové hmotnosti a vysoké pevnosti (v porovnání s ostatními stavebními materiály) zajišťuje dřevu výborné předpoklady pro použití v konstrukcích, často se hovoří o těchto překážkách bránících jeho širšímu využití:

- hygroskopicitě (schopnost látek pohlcovat vlhkost) a s ní spojených změn rozměrů při změně vlhkosti.
- nehomogenitě (různorodost struktury, kvality a vlastností)
- anizotropii (nestejnoměrnost vlastností v různých směrech – mechanické vlastnosti v podélném směru několikanásobně převyšují vlastnosti v příčném směru)

Hlavním důvodem, který vedl k vývoji materiálů na bázi dřeva, byla snaha o výrobu produktů využívajících příznivé vlastnosti dřeva (izolační vlastnosti, snadná obrobitelnost, příznivé působení na prostředí, nízké výrobní nároky na energii ...) a zároveň překonávajících jeho nevýhody.

Nehomogenita a anizotropie se dá omezit tím, že se dřevo naseká na menší kusy, které se potom spojí. Čím jsou částice menší, tím je výsledný výrobek více homogenní. U menších částíček je taky menší nebezpečí bobtnání, objemovou stabilitu lépe udrží cementová pasta, které je obalí. Drobné dřevěné částičky se taky v prvku uloží do všech různých směrů, díky čemuž nehrozí velké bobtnání v jednom směru. Anizotropii můžeme buď využít (když je prvek namáhaný třeba jenom tlakem v jednom směru), nebo potlačit tím, že vzniklé třísky na sebe klademe ve více směrech.

4.1.1.1 Druhy dřevin

Dřeviny se rozdělují do dvou skupin – jehličnaté a listnaté. Zastoupení dřevin v České republice je uvedeno v tabulce.

Tab. 2: Zastoupení jednotlivých dřevin v lesech ČR [27]

DŘEVINY	JEDNOTLIVÝ DRUH	PROCENTUÁLNÍ PODÍL	
		jednotlivě	celkově
jehličnaté	smrk	52,1	76,1
	borovice	15,1	
	jedle	7,5	
	modřín	1,3	
	ostatní	0,1	
listnaté	buk	13,8	23,9
	dub	4,2	
	topol	1,2	
	ostatní	4,7	

Jehličnaté dřeviny jsou většinou tzv. měkké dřeviny. Do správné velikosti pro kácení dorůstají po 80-ti až 100 letech. Dosahují výšky 25 až 40 m a průměru kmene až 2 m. Ve stavebnictví se nejvíce používají smrk, jedle a borovice.[5]

Smrkové dřevo se používá nejčastěji. Je světlé, dobře štípatelné, měkké, lehce zpracovatelné, lehké, pružné, vhodné k lepení a mírně smolnaté. V suchu je trvanlivé, ve vlhku rychle hnije. Používá se jako konstrukční dřevo u staveb, které nejsou vystaveny vlhkému prostředí.[5]

Jedlové dřevo bývá zpravidla lepší jakosti než dřevo smrkové, ale má velmi podobné vlastnosti. Má menší obsah pryskyřice. Jedlové dřevo často šediví a černá a jeho použití je obdobné jako u smrkového.[5]

Borové dřevo je hodně sukovité, patří mezi jádrová dřeva a má načervenalou barvu. Má vyšší obsah pryskyřice, což se projeví na jeho větší odolnosti vůči vlivům vlhkosti, ale zase má horší zpracovatelnost (pryskyřice zalepuje stroje, lepí se na ní nečistoty a ty tupí čepele strojů). Je poměrně křehké a méně pružné. Nemá být používáno na konstrukce namáhané ohybem. Osvědčuje se v prostředí, kde se střídá sucho a vlhko. Používá se zejména ve stavebním stolařství, na okenní rámy atd. Před natřením se ošetřuje acetonem, který z povrchu odstraní pryskyřici.[5]

Dřevo modřínové je polotvrdé, barvu má světle žlutou a se stářím červená, hnědně a tmavne. Modřínové dřevo je značně smolnaté, takže je dobře odolné povětrnosti, ale špatně opracovatelné. Je velmi pružné, takže se hodí pro konstrukce o velkém rozpětí. Je ovšem vzácné a cenově nákladné.[5]

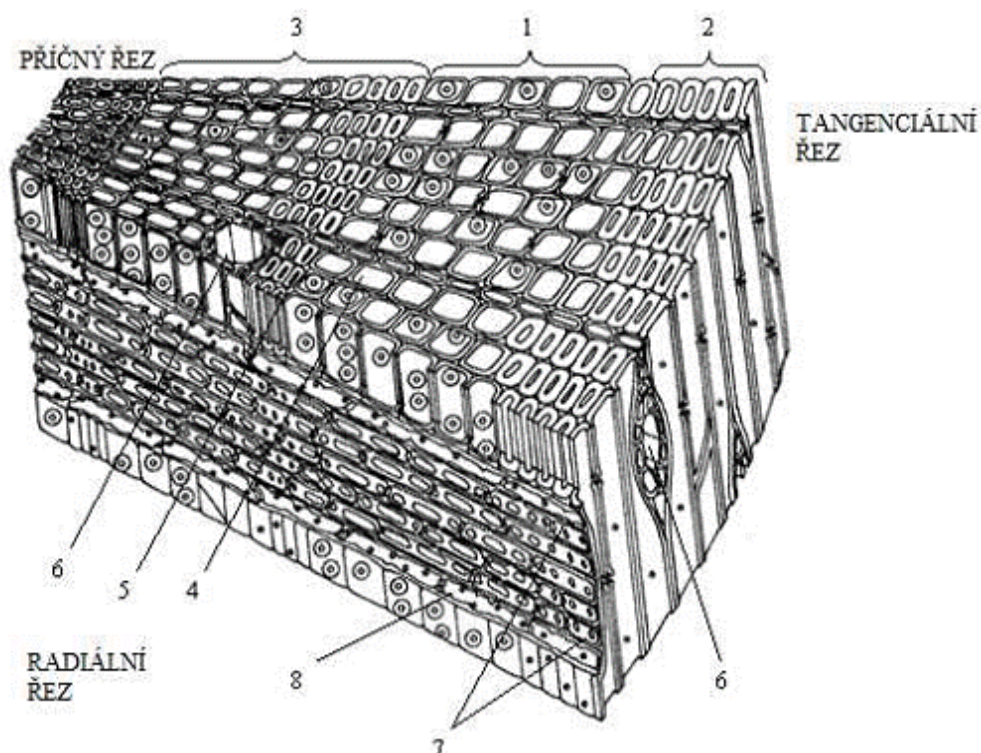
Listnaté dřeviny se dělí na měkké (lípa, kaštan, topol) a tvrdé (buk, habr, dub a ovocné stromy). Rostou 120 až 150 let, dorůstají výšky 20 až 25 metrů (dub až 60 m) a průměru kmene 1,5 až 3 m.[5]

Dubové dřevo je tvrdé, pevné, těžké, houževnaté a trvanlivé. Má velkou pevnost v tlaku i tahu. Je odolnější vůči ohni než měkké dřeviny. Pokud je stále pomořené pod vodou, tak je jeho životnost prakticky neomezená. Proto se používá v mostním a vodním stavitelství.[5]

Bukové dřevo je měkčí a méně houževnaté než dřevo dubové. Špatně odolává povětrnosti. Používá se na výrobu dýh a překližek.[5]

4.1.1.2 Fyzikální stavba dřeva

Fyzikální stavba dřeva velice silně ovlivňuje jeho vlastnosti. Je to právě tím, že dřevo je nehomogenní, anizotropní a hygroskopický materiál. Popsána bude jen skladba dřeva jehličnatého, protože to se v absolutní většině používá jako plnivo do stavebních materiálů. Hlavním stavebním prvkem jsou tracheidy neboli cévice, které tvoří až 90 % dřeva. Jarní tracheidy mají funkci vodivou, protože musí zásobovat rychle rostoucí dřevo živinami. Jsou širší, kratší a mají tenké stěny. V druhé polovině vegetačního období se tvoří tracheidy letní, které mají funkci nosnou. Jsou delší, užší a tlustostěnné. Tracheidy jsou většinou orientované ve směru růstu dřeva, a proto jsou nositeli dobré pevnosti ve směru vláken. Další stavební buňky tvoří parenchym. Ten je většinou orientován kolmo na směr růstu. Kvůli své orientaci neposkytuje žádný přírůstek k pevnostem dřeva. Všechny dřevní buňky rostou ve tvaru dutých trubiček. Na základě toho tvaru se dá vysvětlit dobrá pevnost ve směru podélně s vlákny a velice špatná pevnost ve směru kolmo k vláknům.

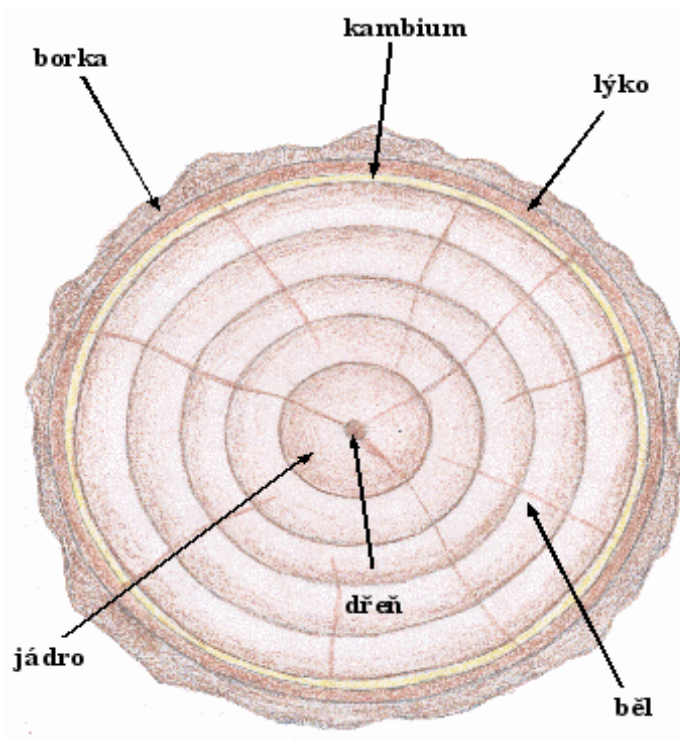


Obr. 1: Mikroskopická stavba dřeva [28]

Popis obrázku: 1 – jarní dřevo, 2 – letní dřevo, 3 – letokruh, 4 – jarní tracheida, 5 - letní tracheida, 6 – pryskyřičný kanálek, 7 – dřeňový paprsek, 8 – příčná tracheida

Makroskopická stavba dřeva je na obrázku 2. Kmen obrůstá dřev, od které se soustředně vzdalují letokruhy. Některé druhy stromů tvoří jádro. Dřevo jádra je ohraničené jedním letokruhem. Vzniká stárnutím buněk a ucpáním vodivých elementů. Má větší hustotu a je trvanlivější než bělové dřevo. Tmavou barvu jádra dodávají jehličnanům pryskyřice a listnáčům třísloviny, minerální látky aj., tzv. jádrové látky. Jádro je odolnější proti hnilobám. Vyznačuje se větší mechanickou pevností. Běl, vnější část dřeva, slouží k vedení mízy, vody ve stromu a ukládání živin. Má vysoký obsah vlhkosti. Kambium je tenké a pouhým okem neviditelné dělivé pletivo mezi lýkem a dřevem, které zajišťuje růst stromu. V procesu růstu se buňky kambia dělí. Na vnitřní straně kambia se vytvářejí buňky dřeva a na vnější straně se vytváří kůra. Dřevo přirůstá rychleji, neboť buňky na vnitřní straně kambia se rychleji dělí. V mírném podnebném pásmu se činnost kambia zastaví před zimním obdobím a opět začíná pracovat na jaře. Výsledkem těchto změn činnosti je tvorba letokruhů. Kůra je vnější část kmene, jejíž hlavní funkcí je ochrana stromu. Skládá se ze dvou vrstev, borky

a lýka. Šířka kůry je různá podle druhu dřeviny. Borka je odumřelá vnější vrstva kůry, která má ochrannou funkci. Chrání dřevo před atmosférickými vlivy a mechanickým poškozením. Lýko je vnitřní vrstva kůry, vede vodu se živinami kmenem. Přiléhá ke kambiu. Vede produkty fotosyntézy z listů do všech ostatních částí stromu.[6] Kůra se musí při výrobě stavebních materiálů z dřeva odstranit. Působí totiž jako znečišťující prvek, protože má úplně jiné vlastnosti než dřevo. V současnosti ale není ani kůra odpad, protože většina výroben přechází na kotle na biomasu pro vyhřívání hal a sušáren. Tam se může kůra pálit nebo se prodává na mulčování.



Obr. 2: Makroskopická stavba dřeva – řez kmenem [29]

4.1.1.3 Chemická stavba dřeva

Dřevo obsahuje 49 % uhlíku, 44 % kyslíku a 6 % vodíku. Tyto prvky se podílejí na struktuře hlavních složek dřeva. Kromě těchto základních prvků je ve dřevě obsažen dusík (do 1 %) a malé množství anorganických prvků, které tvoří po spálení popel. Dřevo je tvořeno hlavními a doprovodnými složkami:

- Hlavní složky (90 až 98 %) tvoří strukturu buněčných stěn a mezibuněčnou hmotu. Dělí se na:
 - Sacharidickou část – 70 % (celulóza 43 až 52 %, hemicelulózy 20 až 35 %)
 - Aromatickou část – 20 až 30 % (lignin)
- Doprovodné složky (2 až 10 %)
 - Organické (smoly, organické kyseliny, alkoholy, bílkoviny, atd.)
 - Anorganické (Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , PO_4^{3-} , SiO_3^{2-} , CO_3^{2-}) [7]

Celulóza je polysacharid vznikající řetězením většího počtu molekul sacharidů za sebou. Sacharidy vznikají ve stromech fotosyntézou z oxidu uhličitého a vody. Celulóza je podstatou podpůrné tkáně rostlin. Řetězce celulózy jsou spojeny atomárními vazbami, postranní vazby jsou realizovány pouze vodními můstky a Van-der-Waalsovými silami. Celulóza tvoří přímé základní vlákna.[8]

Hemicelulóza tvoří spojení mezi přímými základními vlákny z celulózy. Má menší stupeň polarizace a silnější rozvětvení.

Lignin u dřevitých rostlin doprovází celulózu a přejímá plnicí a spojovací funkci ve vláknité struktuře dřeva. Lignin zvyšuje pevnost a tuhost dřev. Ve struktuře jehličnatých dřev je ho více než u listnatých. Při zpracování dřeva na celulózu se uvolňuje ve formě ligninsulfonanu sodného, který je rozpustný ve vodě a používá se jako plastifikační přísada do betonových směsí.[7]

4.1.1.4 Vlastnosti dřeva

Dřevo je kapilárně pórovitý systém. Je nutné dávat na pozor na hygroskopicitu a schopnost bobtnat, jelikož tyto dvě proměnné značně ovlivňují i další vlastnosti dřeva.

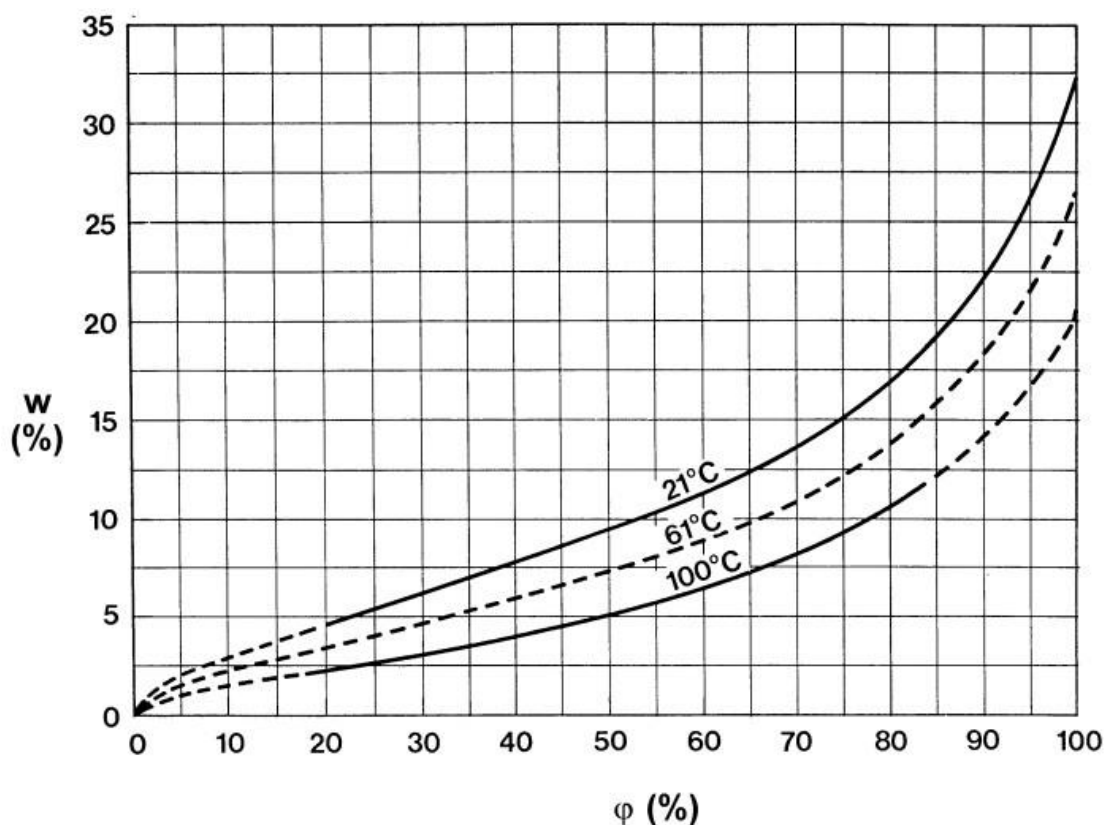
Vlhkost dřeva je dána poměrem hmotnosti vody k hmotnosti dřevní sušiny. Voda se ve dřevě vyskytuje v podobě vody hygroskopicky vázané (obsažené ve stěnách buněk) a vody volné (obsažené mimo stěny buněk). Do vlhkosti 30 % se voda ve dřevě nachází jako hygroskopicky vázaná a její nabírání a vysychání pod touto hranicí je

spojené se změnami objemu dřeva, protože v důsledku sorpce vody se zvětšují buněčné stěny. Úroveň vlhkosti 30 % odpovídá plnému nasycení buněčných stěn. Dále dřevo přijímá vodu do mezibuněčných prostor a to už není spojeno s bobtnáním. V důsledku anizotropní struktury dřeva jsou velice výrazné rozdíly v objemových změnách v jednotlivých směrech. Ve směru vláken jsou objemové změny zanedbatelné, zatímco ve směru radiálním je to u smrku 0,17 % na 1 % vlhkosti a ve směru tangenciálním dokonce 0,31 % na 1 % vlhkosti. Pro zjednodušení výpočtů se počítá v obou směrech s 0,24 % na 1 % vlhkosti. [8]

Obsah vlhkosti ve dřevě je závislý jak na relativní vlhkosti vzduchu, tak na formě, v jaké se dřevo vyskytuje. Ve stejných podmínkách vykazuje masivní dřevo jinou vlhkost než dřevo zpracované do dřevotřískových desek. To je patrné v následující tabulce a grafu.[9]

Tab. 3: Obsah vlhkosti ve dřevěných výrobcích v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu [9]

Obsah vlhkosti [%]			
Vlhkost vzduchu	Masivní dřevo	Překližka	Dřevotřískové desky
10	2,5	1,2	0,8
20	4,5	2,8	1,0
30	6,2	4,6	2,0
40	7,7	5,8	3,6
50	9,2	7,0	5,2
60	11,0	8,4	6,3
70	13,1	11,1	8,9
80	16,0	15,3	13,1
90	20,5	19,4	17,2



Obr. 3: Sorpční izotermy dřeva [30]

Objemová hmotnost dřeva se pohybuje v rozmezí od 0,05 do 1,3 g·cm⁻³ v závislosti na druhu dřeviny a objemu absorbované vody. Měrná hmotnost je ale u všech dřevin přibližně stejná, a to 1,5 g·cm⁻³. Pohybuje se jenom trochu v závislosti na podílu obsahu celulózy (1,55 – 1,58 g·cm⁻³) a obsahu ligninu (1,45 – 1,48 g·cm⁻³) ve dřevě.[8]

Pevnost v tlaku ve směru vláken je u smrku 45 MPa a u buku 58 MPa. Pevnost v tlaku kolmo na vlákna je u jehličnatých stromů desetinná, u listnatých pak o něco vyšší. Pevnost v tahu ve směru vláken je u smrku 90 MPa a u buku 135 MPa. Kolmo na vlákna je pevnost v tahu u smrku jen 2,7 MPa a buku 7,0 MPa. Pevnost v tahu za ohybu je u smrku 78 MPa a u buku 123 MPa. U tahových pevností působí větve a suky obzvláště škodlivě. [8]

Dynamický modul pružnosti je u smrku 11 GPa a u buku 15 GPa. [8]

K tepelně technickým vlastnostem dřeva patří především nízký součinitel tepelné vodivosti. Ten je při 20% vlhkosti dřeva roven zhruba 0,14 W·m⁻¹·K⁻¹. Napříč vlákna je

dřevo až třikrát méně vodivé než podél vláken. S klesající vlhkostí a teplotou se tepelný odpor dřeva snižuje. Délková teplotní roztažnost dřeva je velmi malá, a proto se při výpočtech zanedbává. Nevýhodou dřeva je jeho hořlavost. Reakce dřeva na teplotu je zobrazená v přiložené tabulce. [8]

Tab. 4: Reakce dřeva na zvýšenou teplotu [31]

reakce dřeva na zvýšenou teplotu (pyrolýza)	teplota [°C]	Probíhající proces	projev dřeva
	< 105	odpaření vody	smrštění, tvorba trhlin
	> 105	termický rozklad	měknutí ligninu, začátek rozkladu hemicelulózy
	> 150	tvorba plynu	tvorba plynu ze součástí s nízkým bodem vzplanutí
	> 230	vzplanutí	s dostatkem kyslíku a přítomnosti plamene
	> 260	hoření	samostatné hoření po zapálení
	> 400	bod zápalnosti	vzplanutí bez přítomnosti cizího plamene

Dřevo je dobrý elektrický izolant. Měrný elektrický odpor je nejmenší podél vláken, napříč vláken je téměř dvakrát větší.

Průměrná zvuková vodivost dřeva podél vláken je $4500 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a napříč vláken $1000 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Zvuková pohltivost v procentech dopadající energie je zhruba 50 %. Zvuková průzvučnost vyjádřená úbytkem intenzity zvuku při průchodu materiálem je u dřeva tloušťky 50 mm 27 dB a u překližky tloušťky 12 mm je 23 dB.[7]

4.1.1.5 Piliny

Piliny jsou nejdéle používanou surovinou pro výrobu organických výplní. Pro správnou funkci jako plniva v cementové matrici se musí před zamícháním mineralizovat a zbavit všech nečistot a prachu, které by snižovaly soudržnost. Nejlepším materiálem jsou piliny katrové (odpad z rámových pil), u kterých je více zachována jejich vláknitá

struktura. Na území České republiky se začalo s experimenty s pilinobetonem už za Druhé světové války. V roce 1941 byl ve Zlíně postaven první monolitický dům z pilinobetonu. Směs na tento dům, která se pěchovala do bednění, se skládala ze smrkových a borových pilin, hlíny a portlandského cementu (v hmotnostním poměru 1:1:1). Tento pokus ale nebyl úspěšný, a tak se od monolitické výstavby z organických směsí upustilo a vývoj se přenesl na desky s organickou výplní. Pilinobeton se vyrábí z pilin a cementu v poměru 1:2 až 1:6. To je ovšem velice nákladné, a tak se do cementu přidávají popílky, struska a další příměsi. Musí se ale dávat pozor, aby se tuhnutí cementu těmito příměsemi příliš nezpomalilo, protože už i tak se může zpomalit přítomností cukrů ve dřevě. Díky velké hygroskopičnosti pilin je obsah trvalé vlhkosti 10 až 15%. S hygroskopičností se musí počítat i ve výrobě. Protože by piliny nasákly při smíchání s vodou a cementem hodně vody, která by chyběla cementu pro hydrataci a výrazně by se tak zhoršila zpracovatelnost, měly by se piliny před smícháním nasytit vodou. Piliny potom během tvrdnutí cementu vodu uvolňují a tím dochází k vnitřnímu ošetřování betonu. Voda, která zůstane v pilinách i po výrobě, vysychá později, a to způsobuje velké objemové změny, které dosahují až 6 mm/m. Tyto změny se dají omezit urychleným tvrdnutím cementu. Omezit smrštění se dá i přidáním písku, křemeliny, škváry, cihelné drti atd. Tyto přísady ovšem nejsou příliš účinné a ještě k tomu zvyšují objemovou hmotnost betonu. Ale zase na druhou stranu zvyšují i dosahované pevnosti. Dříve se daly využívat piliny a hobliny jako odpad z výroby. Poslední dobou ale pily přechází na bezodpadovou výrobu tím, že piliny buď samy spalují a vzniklé teplo používají na sušení dřeva, nebo z nich samy vyrábějí různé výrobky. Proto si teď musí výroby pilinobetonu piliny samy vyrábět buď z celých kmenů, nebo se využijí větve a další části stromů, které jsou pro výstavbu z masivního dřeva nepoužitelné. U těchto částí stromu ale bývá často problém s odkořením, a tak se od výroby z nich taky upouští.[7]

4.1.1.6 Třísky

Třísky mají podobné vlastnosti jako piliny až na to, že zůstává více zachována jejich vláknitá struktura díky jejich dvojrozměrné dimenzi. Tím pádem mohou působit ve výrobcích jako rozptýlená výztuž, a zvyšují tak tahové pevnosti. Pevnost v tahu u třískových desek je ovlivněna pevností jednotlivých slepených kontaktních ploch

třísek. Při větší velikosti třísek se vzrůstajícím poměrem délka/tloušťka třísek vzrůstá velikost jejich překrývajících se částí, čímž je umožněn pojiivu větší přenos sil. Ovšem větší velikost třísek není vždy výhodná. Pro materiály, u kterých se předpokládá aplikace některého z druhů povrchových úprav, je naopak vhodnější použití jemnějších třísek, které vytvářejí hladší povrch. Se zvyšujícím se obsahem jemného podílu (zejména v povrchových vrstvách) se snižuje také potenciální stresové napětí v deskách, protože drobné částice vyplňují dutiny v místech s nižší hustotou a tím přispívají ke tvorbě rovnoměrnějšího hustotního profilu. Pro výrobu třísek se používají především měkčí nebo rychle rostoucí dřeviny z důvodu úspory energie, nižšího opotřebovávání nástrojů a snížení prašnosti při výrobě třísek. Jedná se především o smrk, jedli, topol, osiku, břízu, využitelné jsou i borovice a buk. V podstatě lze pro výrobu třísek používat dřeviny, jejichž hustota leží v rozmezí $350 - 700 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Nižší hustota výchozí dřevní hmoty vyvolává pokles pevnostních vlastností vyrobených třískových desek. Při použití dřevin o velmi vysoké hustotě se musí hustota desek enormně zvyšovat pro dosažení požadovaných vlastností a uzavřených hran desek. Dalšími základními parametry dřevin pro výrobu třísek kromě hustoty dřeva jsou roztřískovatelnost, podíl bělí a jádra a pH dřeviny. Z hlediska následného spojování třísek je významný i obsah doprovodných látek, jako jsou terpeny, pryskyřice (jehličnany), třísloviny (listnáče), vosky, pektiny a anorganické látky (obsaženy zejména u tropických dřevin). Technologické problémy může způsobovat také velká pryskyřičnatost dřeva a tím zalepování řezných nástrojů (hlavně borovice) a také dřeviny s vysokou tvrdostí, jejímž důsledkem je rychlé otupování nástrojů.[9]

4.1.1.7 Štěpky

Štěpky jsou trojrozměrné kusy dřeva. Jejich velikost dosahuje několika centimetrů a tím pádem se hodí více pro masivnější stavební dílce. Pro výrobu dřevoštěpkových desek se používá tzv. štěpka bílá. Na rozdíl od štěpky hnědé neobsahuje žádnou kůru, listí a podobné nečistoty. Při výrobě desek ze štěpky se už musí dávat velký pozor na její příčné objemové změny. [13]



Obr. 4: Dřevěné elementy používané pro výrobu materiálů na bázi dřeva [9]

Popis obrázku (zleva shora): dýhy, velké ploché třísky pro výrobu OSB, bílá (papírenská) štěrka, štěrka pro výrobu třísek a vláken, třísky, vlákna

4.1.1.8 Vlákna

U dřevin pro výrobu vlákna je nejdůležitějším parametrem délka dřevních vláken, dobrá rozvláknitelnost a nízký obsah ligninu a hemicelulóz. Nejčastěji se používají dřeviny smrk, borovice, topol, buk a bříza. Vlákno je výhodnější vyrábět z jehličnatých dřevin než z listnatých, které mají mnohem různorodější strukturu. Zatímco jehličnaté dřevo se skládá převážně z cévic, listnáče dále obsahují i cévy, libriformní vlákna a větší podíl parenchymatických (zásobních) buněk, které u některých listnáčů mohou mít podíl až 15 %, zatímco u jehličnanů je to cca 1 %. Počet dřevních elementů na prostorovou jednotku je u listnatých dřevin cca 3 – 5× vyšší než u jehličnatých dřevin, ale vzhledem k jejich rozdílným rozměrům a struktuře není možné vyrobit vlákno

uniformních rozměrů potřebné k produkci vláknitých desek. Z tohoto důvodu je výrobními podniky pro výrobu vlákna preferována jehličnatá surovina. Smrk má výhodnější poměr délky buněk k tloušťce buněčných stěn než borovice. Borovice navíc obsahuje i více doprovodných látek a pryskyřice. Pro vyšší obsah pryskyřice, vyšší tvrdost a velmi tvrdé suky není vhodný pro výrobu vlákna ani modřín. V případě výhodných cenových podmínek a dostupnosti suroviny se lze setkat i s výrobou vlákna z tvrdých listnatých dřevin (např. buku a dubu), které je obvykle přidáváno do směsi s vlákny jehličnatých dřevin. Dřeviny s vyšší hustotou mají také většinou tlustší stěny buněk, proto je u nich vyšší výtěžnost vlákna, ale vyrobené vlákno je méně kvalitní než u dřevin se stejnoměrnější skladbou dřeva a navíc je výroba energeticky náročnější.[9]

4.1.2 Len

Jako plnivo do stavebních materiálů se používá lněné pazdeří. To je odpad z tření lnu. Jsou to velmi lehké výplňové materiály, které dobře odolávají povětrnostním změnám. V porovnání s dřevěnými pilinami je pazdeří více objemově stálé. Vykazuje také menší vzlínavost a až 3 – 4krát menší nasákavost. Povrch pazdeří je drsný, tudíž má velice dobrou soudržnost s cementovým tmelem. Pro výrobu lehčených dílců se musí pazdeří nejdříve pomlít (tím se zkrátí), vytřídit a pročistit od prachu a koudele. Potom se mineralizuje vodním sklem. Pazderový beton se nedá zhutňovat vibrováním, proto se musí pěchovat a lisovat. Protože organická plniva hodně pruží, je lepší je nechat zatížené až do doby zatvrdnutí cementu. To se dá urychlit chemickými přísadami nebo propařováním. Pazdeří se dá také přidávat právě do dílců, ve kterých se používá jako lehčivo piliny a tím se částečně eliminují jeho objemové změny. Pazdeří slouží jako určitý druh rozptýlené výztuže, která do jisté míry podrží strukturu pilinobetonu, sníží jeho objemové změny a zároveň nezmění jeho objemovou hmotnost a další vlastnosti. V současnosti se ale upouští od většího rozmachu výroby pazderobetonu kvůli přílišné pracnosti.[3]

Větší rozšíření pazdeří nastalo v oblasti tepelně izolačních desek. Vláknina lnu se zplstňuje na textilních strojích, kde se kladou na sebe a vznikají rovinná požadovaná tloušťky. Jako pojivo slouží škrobové lepidlo a boritá sůl. Při vysušení se vlákna pevně spojí, a tak získá hmota potřebnou pevnost i bez použití syntetických prostředků.

Výhoda těchto desek je, že se dají znovu použít jako recyklát, jsou snadno kompostovatelné a dají se spálit bez vzniku škodlivých produktů. Desky odolávají hmyzu a jsou odolné vůči napadení plísním.[10]

4.1.3 Konopí

Konopí se proslavilo hlavně kvůli obsahu THC, ale ve stavebnictví se dá využít pro ušlechtlejší způsoby. Jeho vlastnosti jsou velice podobné lněnému pazdeří. Tato rostlina pochází původně z Asie, ale v současnosti je už rozšířená po celém světě. V zemích EU je pěstování konopí setého podporováno a konopné materiály jsou mezi spotřebiteli propagovány. Je zde také tendence nahrazovat ve větší míře umělá vlákna, jejichž likvidace je z hlediska životního prostředí stále více problematická. Perspektivy užití konopných vláken jsou velmi slibné a v posledních letech se této problematice věnují různé výzkumné instituce. Řeší se optimalizace výroby, vyhodnocují se užité vlastnosti, probíhá praktické ověřování speciálních izolačních panelů pro užití ve stavebnictví, automobilovém průmyslu a při výrobě výrobků z plastických hmot.[16] Konopí seté je významný zdroj přírodního vlákna a organické hmoty k technickému nebo energetickému využití. Jeho pěstování se v ČR začalo ověřovat v roce 1998 a jeho pěstování se postupně rozšiřuje.[17] Pěstitelé konopí mají ztížené podmínky, protože musí pěstování konopí ohlašovat celnímu úřadu.[18] Smějí také sádit jenom odrůdy, které jsou zavedeny do Společného katalogu odrůd EU. Kritériem pro povolení pěstování konopí je obsah látek ze skupiny tetrahydrokanabinolů do 0,3%. V České republice je produkce konopí značně rozkolísaná. V roce 2007 byla konopím osazena plocha 1538 ha, v roce 2010 pouze 130 ha.[16] Tato neustálená produkce je pro výrobu stavebních hmot neuspokojivá. Zatím se k nám konopí dováží. Z důvodu dotací pro pěstitele se bude pěstování konopí v České republice pravděpodobně rozšiřovat a stabilizovat.

Konopí je vynikající alternativou dřeva pro stavební materiály, které navíc v některých svých vlastnostech dřevo dokonce předčí. Stonky jsou pevné, vnitřní kůra je vláknitá a rychle dřevnatí. Jeho velkou výhodou je daleko rychlejší obnovitelnost, protože jeho vegetační cyklus je jednoletý. Tvorba aglomerovaných desek z konopí umožní zachovat část produkce dřeva na konstrukce, které nelze z konopí vytvořit, jako jsou

konstrukce z masivního dřeva. Konopné pazdeří má velice dobrou soudržnost s cementovým tmelem, protože jeho povrch je drsný. Při zpracování se využívá celá rostlina, takže nevzniká žádný odpad. V České republice se zatím s pěstováním technického konopí teprve začíná, ale je to materiál s velkým potenciálem. Také výroba konopného pazdeří je méně energeticky náročná než výroba dřevěných třísek. [14]



Obr. 5: Konopné pazdeří

4.1.4 Sláma

Jako plnivo do stavebních dílců se dají použít i další organické materiály, jako je třeba sláma. Jsou to stonky vymláčeného obilí. Jejich nevýhodou jsou hladká vlákna, která způsobují špatnou soudržnost s cementem, proto se musí před výrobou chemicky zdrsňit. To ale výrobu příliš zdražuje, a tak je lepší používat slámu jako tepelně izolační materiál bez spojování maltovinami. V posledních letech nachází sláma uplatnění ve formě balíků. Surovina obvykle zastává funkci tepelně izolačního materiálu používaného jako výplň mezi dřevěné nosné konstrukce. Slaměné

konstrukce jsou ale zatím jenom věcí nadšenců, především silně ekologicky smýšlejících lidí. Sláma je snadno dostupná ve všech částech naší republiky, a tak se snižují náklady na dopravu.[10]



Obr. 6: Sláma [32]

4.1.5 Textilní vlákna

Používají se vlákna, které jsou odpadem z textilního průmyslu. Průmyslové textilní odpady jsou technologické odpady vznikající při výrobě a zpracování textilií, jejichž součástí jsou:

- vlákenné (bavlněné, vlněné, lýkové, chemické viskóзовé a syntetické polyesterové a polyamidové), jsou v podstatě textilní vlákna, která jsou vyřazena během jejich zpracování nebo u chemických vláken během jejich výroby. Též jde z části o vlákna nehotová, příliš krátká, poškozená a s různým stupněm znečištění minerálními nebo organickými příměsemi
- niťové, vznikající v různých úsecích výroby přízí a jejich zpracování na plošné textilie. Jedná se o příze, které vykazují různé vady nebo o příze ve tvaru vylučujícím jejich normální použití

- odstřížky (kusy textilií všech tvarů a velikostí), je souhrnný název pro textilní odpad, který vzniká během výroby plošných textilií a při jejich dalším zpracování.

Další zdroj textilních vláken mohou být sběrové textilní odpady. To jsou především obnošené, poškozené nebo z užívání vyřazené oděvní části, osobní a ložní prádlo, bytové textilie, textilie a oděvy centrálně vyřazené.[11]

Úprava textilního odpadu začíná vytríděním použitelných vláken. Dále následuje separace rozdílných netextilních částí a také jednotlivých odlišných látek od sebe. Následuje čištění textilního odpadu. Především sběrové textilie bývají mnohdy znečištěné příměsí a používáním. Další úpravy sběrových textilií však vyžadují, aby odpad byl zbaven těchto znečišťujících příměsí. Rozvláknitelnost lze u sběrových textilií zvýšit vhodnou úpravou, která spočívá hlavně v uvolnění struktury textilie, což lze dosáhnout odprašováním (klepáním). Současně se zlepšují hygienické podmínky v dalších procesech úpravy. Mechanickým čištěním se odstraní pouze volné nečistoty. Textilie však bývají často znečištěny mastnými látkami nebo barvami. Praním nedochází jen k odstranění nečistot a uvolnění úlomků vláken, ale i k určité regeneraci fyzikálně mechanických vlastností textilií, jako pružnosti a pevnosti. Takto připravený materiál se pak snáze rozvláknuje s menším poškozením vláken. U vlněných odpadů se někdy jako samostatný proces úpravy textilních odpadů zařazuje tzv. karbonizace, kterou lze rozrušit a oddělit složku celulózy a vlny. Proces karbonizace je založen na hydrolýze celulózy, která se vlivem anorganických kyselin o určité koncentraci a při určité teplotě rozkládá a mění v tmavou, křehkou tzv. hydrocelulózu, rozpadající se při mechanickém působení na prach. Vlna je odolná a zůstává v zásadě neporušena. Působením kyselin se však při procesu karbonizace neodbourávají syntetická vlákna ani vlákna acetátová. Takže pro získávání vlněné složky ze směsí vlny se syntetickými vlákny nelze karbonizaci použít. Pro stavební účely je také většinou úprava kyselými látkami nepřijatelná. Protože máme zájem o vlákna a ne velké celky, musí následovat rozvláknování textilních kusů. Nejdříve se kusy látek nasekají, potom se rozvláknují na trhacím stroji.[11]

Možné aplikace textilních vláken ve stavebnictví jsou při výrobě pazdeřových desek z pazdeří a pazderného odpadu, dále při výrobě plošných textilních desek, které však nejsou netkanými textiliemi. Jsou novým produktem srovnatelným s dřevotřískovou deskou, rohoží ze skleněných a minerálních vláken, případně se skelným laminátem.

Jako suroviny lze použít všechny druhy textilních odpadů, zvláště tvrdé plsti, textilní podlahoviny, netkané, kaširované a vrstvené textilie, kordu z pneumatik apod., které se drtí na granulát nebo sekají. Textilní odpady se přitom kombinují i s jinými odpadními látkami. Pro textilní plniva a výztužné materiály (např. skleněná vlákna a textilie, syntetická vlákna) se používají u plastů a betonu ke zvýšení fyzikálně mechanických vlastností výrobků. Tvrdé textilní odpady, které nelze zpracovat na spřadatelná nebo rounotvorná vlákna, se mohou použít jako plnivo ve stavebnictví. Granulát z těchto odpadů může sloužit jako nehnutný izolační materiál, např. pro plovoucí podlahy, dvousložkové podlahy a sádrokartonové desky.[11]

4.1.6 Kokosová vlákna

Ve světě se používají vlákna získaná po sklizni kokosových ořechů. Ochranná schránka plodiny kokosu se skládá z vrstev vláken a pevné skořápky, na níž jsou vlákna zachycena. Skořápky se suší na slunci, až se vlákna samovolně oddělí. Vlákna se poté 6 měsíců namáčí ve vodě. Po ukončení mokrého procesu jsou vlákna mechanicky separována a sušena. Kokosová vlákna patří do skupiny tvrdých vláken. Jejich hlavními stavebními prvky je celulóza a lignin. U nás se kvůli nedostatku suroviny používají jenom jako geotextilie a rohože, ale v rozvojových státech je to určitě i zajímavé plnivo do stavebních materiálů. [10]



Obr. 7: Kokosová vlákna [33]

4.1.7 Bambus

Bambus je souhrnný název pro několik rodů stále zelených trav. Roste v Asii na vlhkých místech a některé druhy dorůstají výšky až 40 m. Bambus je univerzální materiál a má podobné využití jako dřevo, které může nahradit. Ve srovnání s dřevem má bambus vysokou tvrdost, která je téměř šestkrát vyšší než u smrku. Proto se bambus velice dobře hodí pro výrobu podlah. [10] Při výrobě prvků z bambusového vlákna se musí dát pozor na rychlou a velkou nasákavost těchto vláken, která je až o 60 % větší než u vláken bavlněných. [26]

4.1.8 Polymerní organické materiály

Z této skupiny se jako plniva do betonů a kusových stavebních materiálů používá polystyren. Je to termoplast, který vzniká polymerizací styrenu. Jako plnivo se využívá jeho pěněná modifikace. Je to z důvodu jeho velmi nízké objemové hmotnosti (10 až $30 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$), dobré tepelné izolaci (součinitel tepelné vodivosti λ je $0,03$ až $0,04 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) a při jeho nízké hmotnosti dobrým mechanickým vlastnostem (napětí při 10 % deformaci až 200 kPa). Polystyren betony se nepoužívají jako konstrukční, ale pouze jako tepelně izolační a výplňové. Výhodou polystyrenu pro zamíchání do betonu je jeho malá nasákavost, proto nemusíme upravovat množství záměsové vody. Naopak problémem je jeho nízká objemová hmotnost, která nám činí potíže při ukládání a hutnění. Polystyren se tak může separovat na povrch betonu. Zrníčka polystyrenu jsou silně vodoodpudivá, proto je třeba ošetřit jejich povrch adhezivem. Výsledný výrobek má objemové hmotnosti 200 až $800 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, pevnost v tlaku $0,2$ až 3 MPa a součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,06$ až $0,21 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. [3]

4.2 Pojiva

Pojiva jsou látky, které mají schopnost spojovat jiné sypké látky nebo kusové materiály v jediný soudržný a dostatečně pevný celek – kompozit. Mísí se s plnivem na směs, mající vhodnou tvárnost a po zatvrdnutí dostatečnou pevnost a další požadované

vlastnosti. Ve stavební praxi jsou pojiva většinou maltoviny. To jsou anorganické látky, připravené pálením na vysokou teplotu, které po smíšení s vodou tuhnou a tvrdnou za vzniku nových chemických sloučenin. Na rozdíl od betonu, kde má hlavní nosnou funkci kamenivo, je hlavním nositelem pevnosti výsledného produktu na bázi organických plniv pojivo. Pro dobré mechanické vlastnosti výrobků se musí přidávat více pojiv, kterých bývá kolem 25 %.[5]

4.2.1 Cement

Je nejběžnější pojivo ve stavebnictví, a proto se velmi často používá i pro pojení organických plniv. Jeho výhodou je, že organická plniva nijak nedegraduje. Spolupracuje dobře i s polymerními plnivými, protože obojí jsou hmoty zásadité. Cement se využívá nejen jako pojivo, ale také pro mineralizaci organických hmot. V tomto postupu je vhodné nechat směs cementu a organické suroviny zaschnout před zamícháním s výslednou dávkou cementu, který už má funkci pojiva. Mineralizace cementem se ale v praxi nevyužívá, protože přerušuje kontinuálnost výroby. Využívá se vodní sklo, které mineralizuje rovnou v míchačce při míchání výsledné směsi. U cementů se musí dávat velký pozor na zpomalování tuhnutí cukry, vyluhovanými z organických plniv.

Cementy se v současnosti pálí výhradně v rotačních pecích za teploty 1450 °C. Základní surovinami jsou vápenec, jíly, hlíny a slíny. Pomocnými surovinami se upravuje obsah oxidů na potřebné množství, aby vznikaly správné slinkové minerály.

U aglomerovaných desek s organickými plnivými se musí načasovat začátek doby tuhnutí do okamžiku, kdy se desky lisují. Nesmí se stávat to, že cement začne tuhnout dříve už při procesu vytváření desek. Od míchačky po lisování to ale ve výrobě trvá maximálně hodinu, což je přesně počátek doby tuhnutí cementů. Takže v plynulé výrobě by problémy s počátkem doby tuhnutí nastávat neměly. Problém může způsobit až porucha, která plynulý chod výroby přeruší. Větší problémy s načasováním vznikají při odformování. Desky se lisují zhruba šest hodin, poté se sundávají z podkladních desek a štosují se k dalšímu dozrávání. Pokud cement nezajistí dostatečnou manipulační pevnost, ať už hydratuje sám o sobě moc pomalu,

nebo je zpomalen přítomností cukrů, můžou se desky při manipulaci rozsypat. Tomu by mělo bránit prohřívání na 60 °C, které se provádí při lisování a také správný výběr cementu. Výhodný v tomto ohledu je cement 42,5, protože jeho počátek tuhnutí je větší nebo roven jedné hodině a jeho pevnosti jsou dostačující a zároveň není tak drahý jako o třídu pevnější cementy. Desky se po vytvrzení za normálních podmínek ještě suší, což ještě také pomůže hydrataci cementu tak, že až výrobky vyjdou ze sušárny, můžou se rovnou řezat a prodávat, protože mají potřebné konečné pevnosti.

Tab. 5: Minimální pevnosti cementů po 2, 7 a 28 dnech, počátky tuhnutí a objemová stálost [34]

Pevnostní třída	Pevnost v tlaku [MPa]				Počátek tuhnutí [minut]	Objemová stálost (rozepnutí) [mm]
	Počáteční pevnost		Normalizovaná pevnost			
	2 dny	7 dnů	28 dnů			
32,5 N	---	≥ 16,0	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 75	≤ 10
32,5 R	≥ 10,0	---				
42,5 N	≥ 10,0	---	≥ 42,5	≤ 62,5	≥ 60	
42,5 R	≥ 20,0	---				
52,5 N	≥ 20,0	---	≥ 52,5	---	≥ 45	
52,5 R	≥ 30,0	---				

4.2.2 Hořečnatá maltovina

Připravuje se smícháním páleného magnezitu nebo dolomitu s roztokem $MgCl_2$. Po zatvrdnutí vytváří kompaktní hmotu, která je elektricky vodivá a velmi pevná (s pískem jako plnivem dosahuje pevností až 100 MPa). Má velice dobrou vazební schopnost i s velmi vysokým procentem plniv (poměr až 1:20), kdy v podstatě přebírá vlastnosti plniva. Jako plniva se právě často používají organické materiály, které látku vylehčují a dodávají jí dobré tepelně a zvukoizolační vlastnosti. Protože obsahuje soli, které se sráží v pórech organických látek, nepotřebuje je předem mineralizovat. Výroba

z hořečnaté maltoviny by byla také efektivnější, protože se vytvrzuje rychleji než cement. [5]

Nevýhodou je malá odolnost vůči vlhkosti a teplotám nad 100 °C, snadná výkvětovitost a korozivní účinky na kovové materiály. Proto se používá jenom do interiérů, nebo je nahrazována vhodnějšími pojivy. [5]

4.3 Příměsi

Příměsi jsou práškové látky přidávané do cementů za účelem zlepšení jeho vlastností nebo jako náhrada části cementu. Dělíme je na inertní a aktivní (latentně hydraulické a pucolánové látky, pigmenty). Příměsi bývají často odpadní látky, které mají ve směsi s cementem více výhod. Zbavíme se odpadní látky a jsou levnější než cement, kterého jimi část nahradíme. Tím, že nahradíme část cementu, vylepšíme CO₂ bilanci výsledného produktu.

4.3.1 Popílek

Popílký jsou tuhé nerostné zbytky po spalování hnědého a černého uhlí. Produkují je především tepelné elektrárny, kde se zachycují z kouřových plynů na odlučovačích. Podle vzniku dělíme popílký na vysokoteplotní (teploty kolem 1500 °C) a fluidní, které se pálí ve fluidních kotlích za nižší teploty. Hlavní nevýhodou je, že při spalování ve fluidních kotlích se odsiřuje rovnou při spalování, takže popel obsahuje CaSO₄, které není vhodné přidávat do směsi s cementem. Proto se jako příměs do cementu používají vysokoteplotní popílký.

Vysokoteplotní popílký obsahují hlavně β–křemen a mullit. Obsah sklovité fáze v popílcích je obvykle vyšší než 50 %, což zlepšuje reaktivitu s cementem. Popílek vykazuje pucolánové vlastnosti. To znamená, že není schopen sám o sobě hydratovat, ale reaguje s Ca(OH)₂ z cementu a vytváří stejné produkty jako při reakci cementu s vodou. Tato reakce je ovšem pomalejší než samotná hydratace cementu. Na pevnostech se projeví až po 28 dnech, ale zvýší devadesátidenní pevnosti. To

může být nevýhodné pro směsi vyžadující rychlý nárůst pevnosti. Ovšem dá se to řešit tak, že se přidá více popílku, než je množství cementu, který má nahradit. Popílkové směsi je třeba dobře ošetřovat, což při použití organických plniv zprostředkovává postupné uvolňování vody z plniv.[12]

4.3.2 Struska

Struska je vedlejší produkt při výrobě železa, kde slouží jako vrstva zabraňující oxidaci železa. Struska sloužící jako příměs do betonu musí být zásaditá (index bazicity strusky musí být vyšší než 1) a amorfní. Struska se tedy musí velice rychle chladit, aby neměla čas přejít do krystalické, nereaktivní, formy. Struska má latentně hydraulické vlastnosti. Po aktivaci cementem vytváří hydratační produkty podobné těm cementovým. Nevýhodnou vlastností strusky je, že způsobuje korozi kovových zařízení ve výrobě.[12] V současnosti je strusky nedostatek a její cena je příliš vysoká, proto se využívají jiné příměsi, především popílek.

4.4 Přísady

Přísady jsou látky, které se přidávají do směsi za účelem zlepšení vlastností čerstvé směsi nebo i výsledného produktu. Přidávají se v menších množstvích než příměsi. Většinou bývají tekuté.

4.4.1 Vodní sklo

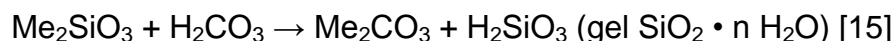
Vodní sklo je velice důležitá surovina pro výrobu materiálů s organickými plnivými. Slouží totiž k mineralizaci dřeva a jemu podobných materiálů.

Vyrábí se dvěma způsoby. Jeden způsob je rozpouštění pevného křemičitanu sodného nebo draselného. Ten se vyrábí ze sklářského písku (oxid křemičitý, 70-75%) tavením ve sklářské vanové peci při teplotě 1400 – 1600 °C za pomoci alkalických tavidel – soda (oxid sodný) nebo potaš (oxid draselný), tyto látky fungují jako taviva.

Roztavená sklovina se prudce chladí za účelem rozpraskání na co nejmenší části a tím co nejjednodušší následné rozpouštění. Takto připravený vstupní materiál se pomocí hydroxidu sodného nebo draselného, vody, teploty a tlaku rozpouští v autoklávu na tekuté vodní sklo. Druhý způsob je výroba přímo hydrotermální reakcí. V autoklávu se za pomoci hydroxidu, vody, teploty a tlaku přímo rozpouští křemičitý písek. Touto metodou lze vyrábět jen určité typy vodních skel. [15]

Složení vodního skla bývá nejčastěji charakterizováno křemičitým modulem M, což je molární poměr $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ pro sodné sklo nebo $\text{SiO}_2/\text{K}_2\text{O}$ pro draselné sklo. Hodnota křemičitého modulu běžně vyráběných typů vodního skla leží obvykle v rozmezí 1,6-4,1. Vedle modulu se k charakterizaci vodního skla používá nejčastěji jeho hustota, která poskytuje informaci o koncentraci roztoku i o složení výchozího skla, dále viskozita a rovněž hodnota pH. Viskozita vodního skla závisí na jeho koncentraci a na hodnotě křemičitého modulu výchozího skla. Vodní skla jsou velmi silně alkalická. [15]

Vytvrzování vodního skla je způsobeno tvorbou gelu kyseliny křemičité, nejčastěji v důsledku reakce alkalického křemičitanu s oxidem uhličitým, resp. kyselinou uhličitou, podle následujícího schématu:



Produkty reakce obalí povrch organických materiálů a vyplní i jeho póry. Tím sníží jeho hygroskopicitu a tím umožní lepší fungování výsledného kompozitu.

4.4.2 Urychlovače tuhnutí

Používají se do kompozitů pojených cementem. Umožňují zrychlit výrobu a potlačují zpomalení hydratace cementu glukózou. Nejčastěji používaný urychlovač je CaCl_2 .

5. Přehled deskových stavebních materiálů na bázi organických plniv

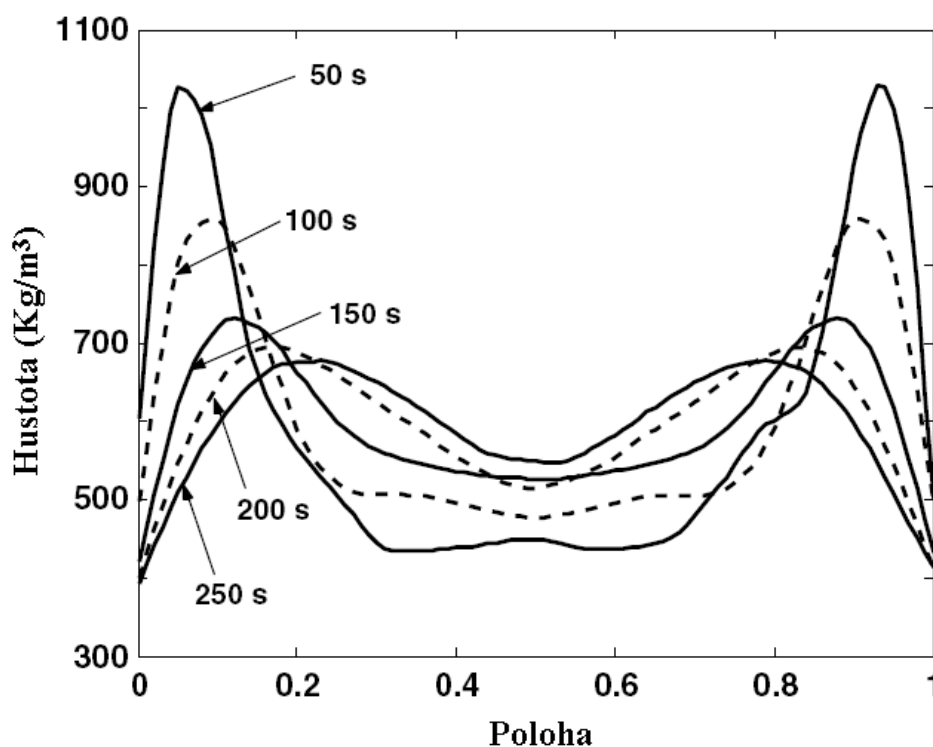
Moderní materiály na bázi dřeva jsou vyráběny převážně ze sortimentů nízké kvality z rychle rostoucích druhů dřevin. Skutečnost, že surovina nízké kvality může být použita pro výrobu vysoce kvalitního produktu, je pokládána za jednu z největších výhod těchto materiálů, a to zejména v případech, kdy jsou pro výrobu používány malé průměry kulatin. Další výhodou je, že díky různým technologickým postupům mohou být z několika málo druhů dřevin vyráběny materiály se širokou škálou vlastností pro odlišné aplikace. [9]

Významné výhody materiálů na bázi dřeva jsou:

- možnost výroby produktů v rozměrech, které jsou omezovány pouze použitou výrobní technologií
- možnost efektivnějšího využití i přírodního materiálu horší jakosti
- snadnější přizpůsobení měnícím se požadavkům trhu
- v porovnání s ostatními materiály menší zatížení životní prostředí z důvodů minimální spotřeby chemických látek, které jsou ve výrobku obsaženy [9]

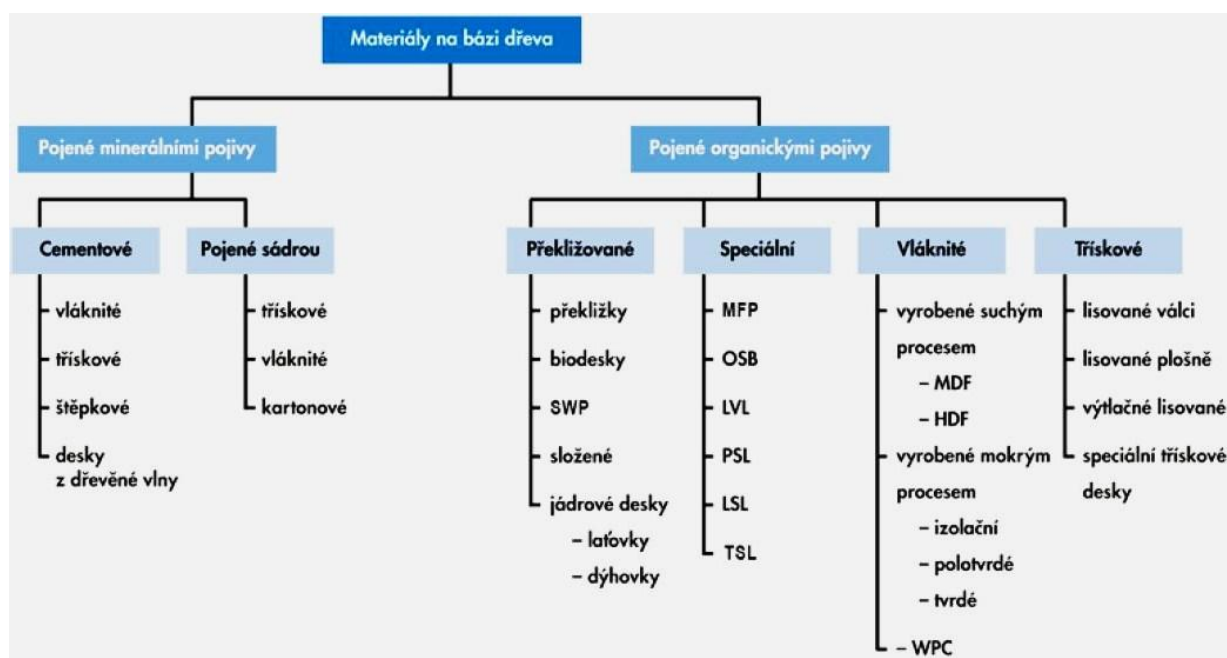
Na mechanicko-fyzikální vlastnosti (a na způsoby aplikace) materiálů na bázi dřeva mají výrazný vliv téměř všechny výrobní parametry. Mezi nejpodstatnější se obvykle uvádí: druh dřeviny, velikost, geometrie, orientace, formování a kvalita třísek, typ a množství použitého pojiva, přídavných látek a lisovací faktory (lisovací čas, teplota a tlak, rychlost uzavírání lisu, vlhkost, chemické reakce při lepení třísek, plastifikace, formát výrobku), které vzájemnou interakcí v průběhu lisování třískového koberce usměrňují zejména tvorbu hustotního profilu charakterizující rozložení hustoty v deskách. Obvykle platí, že se zmenšující se velikostí částic se zlepšuje možnost jejich formování, což má za následek stoupající hustotu vyráběného materiálu. Současně také platí, že pro materiály se stejnou hustotou, se zmenšující se velikostí částic klesá pevnost. [9]

U běžně vyráběných materiálů pro konstrukční účely mají povrchové vrstvy obvykle větší hustotu než vrstva středová. Při namáhání v ohybu působí na konstrukční prvky největší napětí v povrchových vrstvách. Proto je výhodné vyrábět konstrukční materiály s příčným hustotním profilem ve tvaru písmene „U“ s větší hustotou povrchových vrstev než ve vrstvě středové. Takto vyrobené desky dosahují vyšších hodnot ohybové pevnosti a modulu pružnosti v ohybu než desky s rovnoměrným příčným hustotním profilem při stejné průměrné hustotě. Hustotní profil výrobků se dá řídit buď rovnou skládáním vrstev ze směsí s plnivem s různou velikostí, nebo také dobou přitlaku v lisu. [9] Při výrobě cementotřískových desek se lisuje dlouhou dobu, takže tlak je po tloušťce desky rozdělen rovnoměrně. Proto se pro dosažení požadovaného hustotního profilu dává na spodní i horní část desky směs s menší zrnitostí, která zajistí vyšší hutnost.



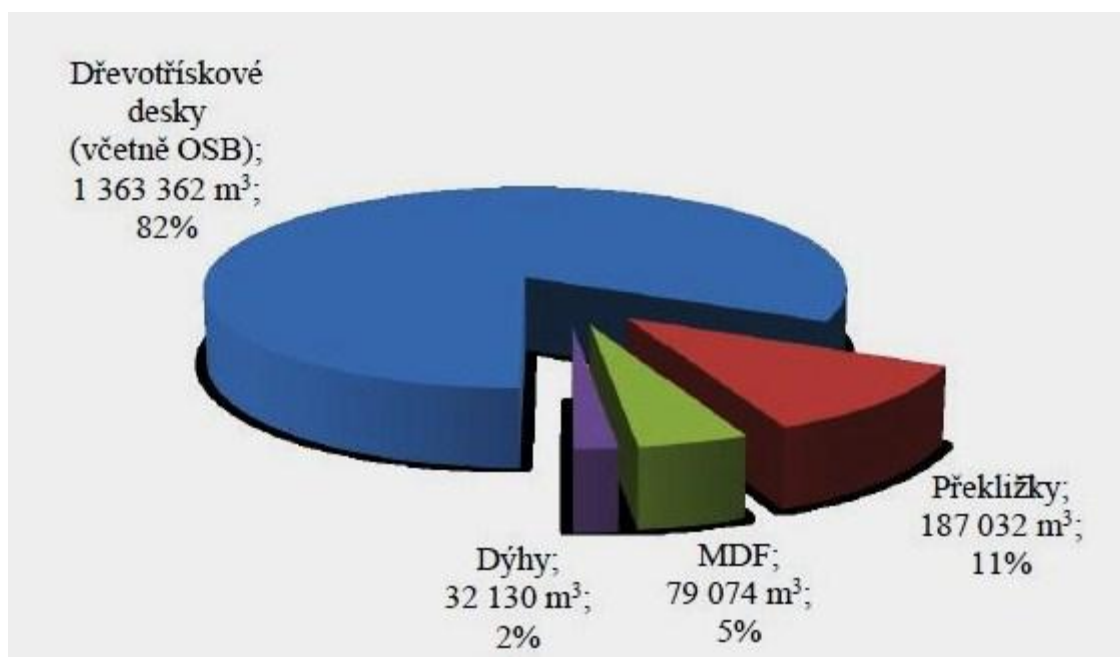
Obr. 10: Vliv doby lisování na hustotní profil desek [9]

Nejčastěji používaným plnivem je dřevo. V následujícím obrázku můžeme vidět rozdělení materiálů na bázi dřeva. V mnoha aplikacích se dá však dřevo doplnit nebo nahradit dalšími organickými materiály.



Obr. 11: Přehled materiálů na bázi dřeva [9]

Následující graf zobrazuje vyráběné množství a procentuální podíl pro jednotlivé druhy materiálů na bázi dřeva. OSB desky jsou započítány do produkce dřevotřískových desek.



Obr. 12: Produkce velkoplošných materiálů na bázi dřeva v ČR za rok 2010 [9]

Následující přehled deskových stavebních materiálů na bázi organických plniv omeším pouze na desky pojené minerálními pojivy.

5.1 Cementotřískové desky

Tento deskový materiál patří k nejčastěji vyráběným druhům. Je tvořen zpravidla z tenkých třísek velikosti 0,2 až 0,3 mm, délky od 10 do 25 mm. Hustota cementotřískových desek se pohybuje okolo $1\,200\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Desky jsou homogenní, tvrdé, odolné proti působení vlhkosti, plísním, dřevokazným houbám, hmyzu včetně termitů a proti působení ohně. Mají také dobré zvukově izolační vlastnosti a jsou mrazuvzdorné. Jsou také odolné proti působení benzínu a olejům, neobsahují azbest ani formaldehyd. V České republice tyto materiály vyrábí pod názvem CETRIS firma Cidem v Hranicích, která je v současné době největším evropským výrobcem. Tyto desky lze používat na konstrukce podlah, pro půdní nástavby a vestavby, podhledy, pro konstrukce příček a stěn, odvětrávané fasády a protipožární zábrany. [9]

Produkty CIDEM Hranice, a.s. - divize CETRIS:

- Cetriz basic
 - Cementotřísková deska s hladkým přírodním cementově šedým povrchem
 - Základní rozměr desky je 3 350 x 1 250 mm. Desky je možno objednat řezané na požadovaný rozměr, se zaoblenou nebo sraženou hranou pod úhlem 45° , frézované od tloušťky desky 12 mm s polodrážkou, od tloušťky desky 16 mm s perem a drážkou. Do desek lze rovněž předvrtat otvory.
 - Jsou dodávány v surovém stavu nebo v barevném provedení podle stupnice RAL.
 - Pevnost v tahu za ohybu desek Cetriz Basic je 11,5 MPa.
 - Modul pružnosti je 6,8 GPa.
 - Součinitel tepelné vodivosti (pro 8 mm desku) je $0,2\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
 - Součinitel tepelné roztažnosti $10\cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$
 - Třída reakce na oheň A2.
- Cetriz Plus
 - Cementotřísková deska s hladkým povrchem opatřená základním oboustranným bílým nátěrem

- Základní nátěr zlepšuje přilnavost mezi deskou a finální povrchovou úpravou, snižuje nasákavost desky a spotřebu finální nátěrové hmoty.
- Ostatní vlastnosti jsou stejné jako u desek Cetris Basic.
- Cetris Akustik
 - Vzniká opracováním (vyvrtáním pravidelných otvorů) základního typu desek Cetris Basic.
 - Vrtaná deska slouží jako pohltivý akustický obklad.



Obr. 13: cementotřísková deska Cetris Basic [9]

5.2 Desky z dřevité vlny a cementu

Podle jednoho z prvních výrobců jsou stále všeobecně nazývány původní obchodní značkou – Heraklit. Dřevitá vlna (jemné podélné pásy dřeva) se vyrábí na speciálních strojích (kráječkách dřevité vlny). Surovinou pro výrobu jsou obvykle smrkové 50 cm dlouhé kuláče nebo půlkuláče. Dřevitá vlna se pro lepší spojení dřeva s cementem a rychlejší tvrdnutí mineralizuje v roztoku chloridu vápenatého. Dále se ve směšovači míchá s cementem a mechanicky nanáší do dřevěných rámových forem. Po lisování

souboru rámu následuje obvykle jednodenní vytvrzení slisovaného souboru. Surové desky se nechávají 21 až 28 dnů vysušit a dozrát. [9]

Desky se vyrábějí většinou v rozměrech 2 000 x 500 mm, v tloušťkách 15 až 100 mm. Pro zvýšení tepelné a zvukové izolace se také vyrábějí v kombinaci s pěnovým polystyrenem. Tento druh desek patří mezi lehké stavební desky. Hustota tohoto materiálu ($350 \text{ až } 550 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) je oproti ostatním typům desek pojených cementem velmi nízká a je způsobena zejména velkým podílem vzduchových dutin v hotové desce. Pevnost v ohybu, modul pružnosti a některé další mechanické vlastnosti jsou také výrazně nižší než u ostatních typů desek. Díky velkému podílu dutin mají tyto desky dobré tepelně i zvukově izolační vlastnosti. Hrubý povrch zajišťuje dobrou přilnavost malty a omítky. Obvykle se používají pro stavbu lehkých omítaných nenosných příček a pro zlepšení tepelných a zvukově izolačních vlastností nových a rekonstruovaných staveb. [9]



Obr. 14: Cementovláknitá deska Heraklit [9]

5.3 Cementoštěpkové desky

Tyto materiály se vyrábějí z poměrně velkých účelově vyráběných třísek o tloušťce 0,5 - 5 mm a délce 20 – 50 mm. Často bývají označovány jako cementoštěpkové. Po mineralizaci smrkových štěpek vápenným mlékem se štěrky míchají s cementem a lisují ve formách, které jsou vytvrzovány 24 hod v meziskladu. Dále jsou desky formátovány a přesunuty do dozrávacího skladu. V malé míře se vyrábí také stavební dutinové tvárnice, kdy se používají přesné dávkovače lisované směsi do kovových tvárnic. [9]

V rámci materiálů pojených minerálními pojivy je tento druh řazen mezi výrobky střední hustoty (500 až 800 kg·m⁻³). Struktura materiálů je pórovitá a povrch je velmi hrubý, což umožňuje omítání maltami. Výrobky jsou mrazuvzdorné, odolné proti vlhkosti, mají dobré mechanické a zvukově a tepelně izolační vlastnosti. Nejčastěji se používají jako součást stavebních bednicích systémů, u kterých je kovovými distančními sponami vymezena vzdálenost desek a je vytvořen systém ztraceného bednění. Rychlá výstavba stěn a příček je umožněna pomocí armovací výztuže a betonu litého do vytvořených dutin. U obvodových stěn mohou být dutiny z části vyplněny pěnovým polystyrénem. Systémy pro výstavbu z těchto desek jsou známy řadu let, např. pod názvy Durisol a Velox.[9] Cementoštěpkové desky se dají také vyrábět jako velkoformátové prefabrikované stavební dílce pro rychlou výstavbu.

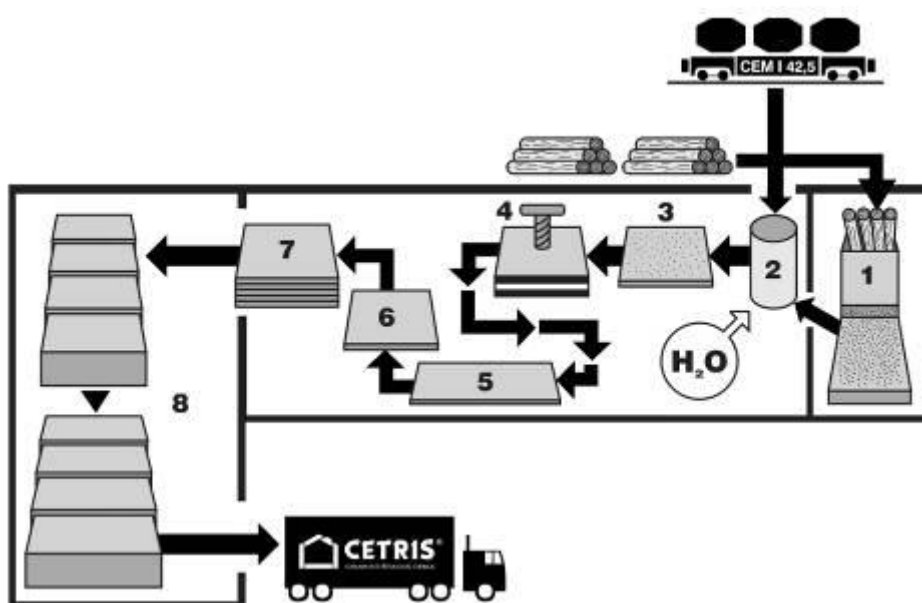


Obr. 15: Cementoštěpkový panel [35]

6. Způsob výroby cementotřískových desek

Pro popis způsobu výroby deskových stavebních materiálů na bázi organických plniv jsem si vybral podnik CIDEM Hranice, a.s. - divize CETRIS. Je to totiž největší výrobce cementotřískových desek v Evropě s kapacitou až 55 000 m³ ročně.

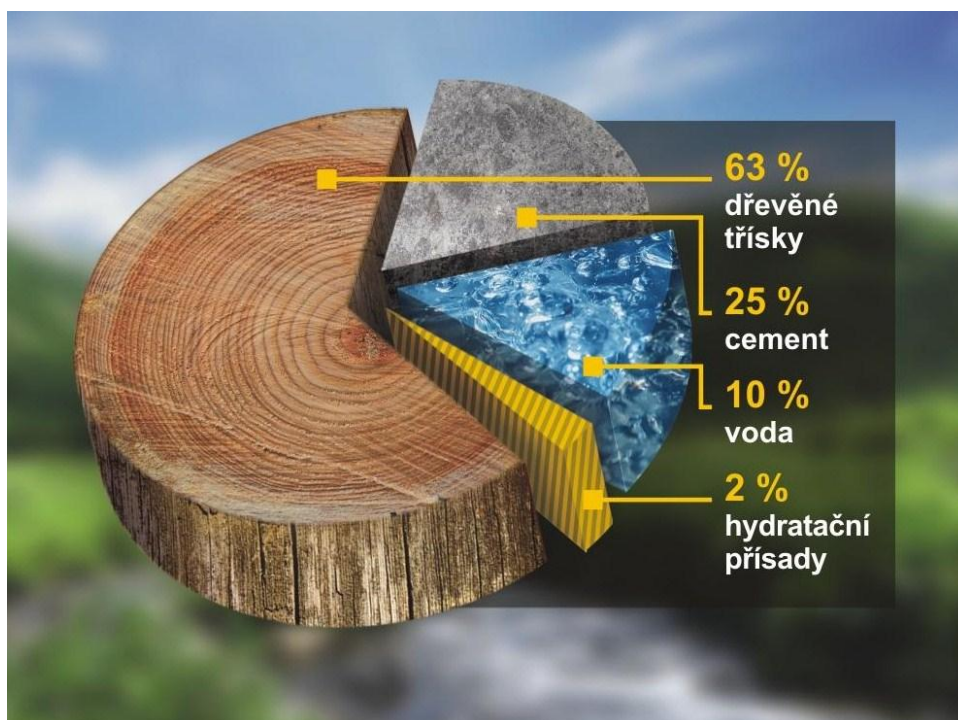
6.1. CIDEM Hranice, a.s. - divize CETRIS



Obr. 8: Schéma výroby cementotřískových desek cetris [36]

Celá výroba začíná přípravou surovin. Dřevěné plniva si vyrábějí sami z celých kmenů smrků. Kmeny se nechají nejdříve nějakou dobu odstát venku, kde se časem odbourají některé škodliviny, jiné vypláchne déšť a dřevo trochu proschne a ustálí se jeho vlastnosti. Potom se musí zbavit kůry a dřevo se postupně zdobňuje až na třísky (1). Mimo to ještě odebírají také připravené třísky. Potom se dávkuje jednotlivé přísady do míchačky (2). Dřevěné částice jsou po navážení v míchacím zařízení nejprve mineralizovány, potom se přidává cement a voda podle naměřené vlhkosti třísek. Směs tvoří 63 % třísek, 25 % cementu a popílku, 10 % vody a 2 % hydratačních přísad. Poté se směs dávkuje na plechy, na které se těsně předtím nanáší odbedňovací olej, čímž se vytváří tzv. cementotřískové rouno přesné výšky (3). Směs se dávkuje ve třech stupních. Proud směsi se dávkuje tak, aby na spodním a horním

povrchu bylo větší množství menších částic. Tím se dosáhne hutnější struktury na povrchu a vnitřek je méně hutný a lehčí díky přítomnosti větších částic. Na vrchní stranu se také nanese odbedňovací přípravek, aby se cementotřísková deska nenalepila na kovovou desku, která na ní bude ležet v lisu. Poté se připravená rouna na kovových podložkách skládají na sebe. Až jich je dostatečné množství, tak se přesunou do lisu (4), kde se zmáčknou tlakem 2 – 3 MPa na jednu třetinu své sypané tloušťky. Následně se umístí na 6 – 8 hodin do vytvrzovací komory. Po vyjmutí z komory musí mít už desky manipulační pevnost, protože se zvedají z ocelových podložek a skládají se na sebe na dozrání. Podložní desky se očistí a putují na začátek linky. Vyskládané cementotřískové desky se přikryjí fólií, aby všechny vysychaly stejnou plochou (jenom po stranách). Jinak by vrchní deska vysychala celou svou vrchní stranou a byla by sušší než desky pod ní. Potom jdou desky do sušárny, kde se z nich vysuší přebytečná voda a získají konečnou pevnost (5). Po vysušení jdou na formátovací pilu, kde se desky nařežou na obvyklé formáty (6). Desky se očistí a vybrousí do požadované rovinnosti, rozměrů a hladkosti povrchu. Další úpravy jsou už pak individuální na žádosti zákazníků. Z desek se můžou na CNC fríze vyřezat libovolné tvary, desky se můžou děrovat pro zlepšení akustických vlastností nebo se nanášejí povrchové úpravy. Poté už následuje skladování hotových výrobků (7) a jejich expedice (8).



Obr. 9: Schéma složení cementotřískových desek Cetris [38]

7. Další výrobci deskových stavebních materiálů na bázi organických plniv

V tomto oddíle jsou popsáni Evropští výrobci desek s organickými plnivem a jejich produkty.

7.1 Eternit

Německá firma Eternit vyrábí své desky na základě patentu z roku 1900, který pojednává o postupu výroby desek z umělého kamene s vláknitými materiály a hydraulickými pojivy. Desky Eternit se staly oblíbenými z důvodu nízké hmotnosti při zachování dostatečné pevnosti a nehořlavosti. Dodnes zůstal princip výroby nezměněn, pouze modernizován. Hlavně v ohledu vláknitých plniv. Dříve se používal azbest, který je karcinogenní a v současnosti je nahrazen celulózovými a textilními vlákny. V současnosti vyrábí firma Eternit střešní krytiny a fasádní systémy i z dřevocementu, betonu a keramiky. [19]

Produkty firmy Eternit:

- Vlákno-beton: Střešní desky, střešní tašky, střešní vlnité desky
 - Eternit Solesia Kapstadt je systém solárních panelů kompatibilní s eternitovými střešními deskami, který zajišťuje optickou celistvost střechy bez vystupujících prvků
- Dřevocement: fasádní desky Duripanel
 - Skládají se z 58 % jedlového a smrkového dřeva
 - Jsou nehořlavé (A2), odolné vůči povětrnostním podmínkám a mrazu [19]

7.2 Binos

Tato firma se specializuje především na vývoj a produkci zařízení na výrobu desek s organickými plnivy. Dále má také vlastní vývoj cementotřískových desek CSP Plus. [20]

- CSP Plus
 - Pod krycí vrstvou se nachází vrstva s dlouhými třískami, která zlepšuje vlastnosti desek.
 - Pevnost v tahu za ohybu 12 – 15 MPa
 - Lineární roztažnost 0,2 %

7.3 Eltovation

Eltovation je nizozemská rodinná firma, založená roku 1956. Tato firma se specializuje na velkoformátové deskové výrobky ze dřeva pojeného cementem.

Produkty jsou:

- Desky z dřevní vlny
 - Používají se jako akustické obklady i do velmi vlhkých provozů jako jsou plavecké bazény.
 - Dají se využít také jako tepelná izolace nebo ztracené bednění.
 - Vyrábějí se v rozměrech: délka: 2 – 3 m, šířka: 0,6 m, tloušťka: 15 – 100 mm
- Dřevotřískové desky
 - Obdoba cetris desek
 - Vyrábějí se v rozměrech: délka: 2,4 – 3,6 m, šířka: 1,2 m, tloušťka: 4 - 40 mm
 - Objemová hmotnost je $1200 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.
 - Pevnost v tahu za ohybu je 9 MPa.

- EltoBoard
 - Je to typ dřevovláknitých desek, které se ale vyrábějí obdobně jako dřevotřískové desky.
 - Díky užití dlouhých dřevních vláken místo třísek, jsou desky EltoBoard lehčí a pevnější než klasické dřevotřískové desky.
 - Vyrábějí se v rozměrech: délka: 2,4 – 3 m, šířka: 0,6 - 1,2 m, tloušťka: 6 – 25 mm
 - Objemová hmotnost je $1100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.
 - Pevnost v tahu za ohybu je až 20 MPa.
- Velkoformátové stěnové prvky z dřevní vlny
 - Tyto prvky umožňují rychlou výstavku rodinných domů s velice dobrými tepelně izolačními vlastnostmi.
 - Desky se spojují zalitím cementovou maltou do svislých spár. Následně se zalijí i na horní straně po celé své délce.
 - Součinitel prostupu tepla U je $0,19 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.
 - Vyrábějí se v rozměrech: délka až 6 m, výška až 3 m, tloušťka: 0,4 m [21]



Obr. 9: Ukázka stavby z velkoformátových prvků firmy Eltomation [37]

7.4 Betopan

Firma sídlící v Ankaře je průkopníkem těchto materiálů v Turecku s výrobní kapacitou až 67500 m³/rok. Produkty jsou:

- Betopan
 - Obdoba cetris desek
 - Vyrábějí se v rozměrech: délka: 2,5 – 3 m, šířka: 1,25 m, tloušťka: 8 - 30 mm
 - Objemová hmotnost je 1300 kg·m⁻³.
 - Pevnost v tahu za ohybu je 9 MPa.
 - Modul pružnosti 4,5 GPa
 - Betopan Plus
 - Cementotřísková deska, jejíž povrch je ale tvořen tenkou vrstvou cementové malty s minerálními plnivy. To způsobuje vyšší pevnost, lepší odolnost proti nárazu a poškození povrchu i menší délkovou roztažnost v závislosti na vlhkosti.
 - Vyrábějí se v rozměrech: délka: 3 m, šířka: 1,25 m, tloušťka: 10 - 12 mm
 - Objemová hmotnost je 1600 kg·m⁻³.
 - Pevnost v tahu za ohybu je 9 MPa.
 - Modul pružnosti 12,5 GPa
 - Yalipan, Tasonit
 - Toto jsou desky Betopan Plus s dřevěnou a kamennou texturou na povrchu.
- [22]

7.5 Falco wood industry

Maďarská firma, která byla původně postavena u pily, aby zužitkovala dřevní odpad z řezání. V současnosti už si musí dřevěné třísky na výrobu desek vyrábět sami.

- **Betonyp**
 - Klasické cementotřískové desky
 - Vyrábějí se v rozměrech: délka: 1,25 – 3,2 m, šířka: 1,25 – 2,8 m, tloušťka: 8 – 40 mm
 - Objemová hmotnost je $1350 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
 - Pevnost v tahu za ohybu je 9 MPa.
 - Modul pružnosti 4,5 GPa [23]

7.6 Viroc

Portugalská firma Viroc nabízí ucelené fasádní systémy, které rozlišuje podle způsobu montáže na konstrukci. Základem jsou klasické cementotřískové desky, které jsou ke konstrukci buď lepeny, šroubovány, připevňovány systémem lišt nebo jsou tyto postupy kombinovány podle toho o jaký povrch se jedná. Své desky nabízí firma Viroc v mnoha barvách, včetně bílé s použitím bílého cementu.[24]

7.7 Tamak

Ruská firma Tamak vyrábí cementotřískové desky klasických formátů i pro výrobu prefabrikovaných rodinných domů. Objemová hmotnost desek je $1300 - 1400 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, modul pružnosti 3,5 GPa.[25]

7.8 Amroc

Německá firma nabízející velkou paletu typů desek. Do směsí Amroc je přidáván cement vyvinutý speciálně pro tuto firmu. Míchání směsí Amroc probíhá za zvýšeného tlaku. Desky pro montáž do stěn, podlah a jako akustické izolace jsou dodávány v mnoha barvách.[26]

8. Diskuze

V tabulkách uvedených níže je zobrazen přehled evropských výrobců cementotřískových desek a uvedeny základní vlastnosti jejich produktů. Všichni tito výrobci nabízejí formátování desek podle objednávky, a to jak řezání na menší části, tak frézování složitějších tvarů, proto jsem do tabulky uváděl maximální možnou velikost desky.

Pro porovnávání součinitele tepelné vodivosti, vzduchové neprůzvučnosti, faktoru difuzního odporu a ceny (vlastnosti označené hvězdičkou) jsem vybíral vždy desku tlustou 8 mm, aby byly hodnoty porovnatelné. Tento rozměr totiž dodávají všichni uvedení výrobci.

Tab. 6: Vlastnosti desek jednotlivých výrobců – část 1.

	jednotka	Cetris	Eternit	Eltomation		Betopan	
		Basic	Duripanel	CBPB	Eltoboard	Betopan	Betopan plus
objemová hmotnost	kg·m ⁻³	1350	1250	1250	1100	1300	1500
modul pružnosti	MPa	6800	-	-	-	4500	12500
pevnost v tahu za ohybu	MPa	11,5	-	9	20	9	9,3
dodávaný rozměr: délka šířka tloušťka	mm	3350	3100	3600	3050	3000	3000
	mm	1250	1250	1250	1220	1250	1250
	mm	4 - 40	4 - 40	4 - 40	6 - 25	8 - 18	8 - 30
nasákavost	%	16	32	-	11	12	12
tloušťkové bobtnání	%	0,28	1,5	-	-	1,5	1,5
reakce na oheň**	-	A2-s1,d0	A2-s1, d0	-	-	B1	A2
součinitel tepelné vodivosti λ*	W·m ⁻¹ ·K ⁻¹	0,200	0,350	-	0,210	0,212	-
vzduchová neprůzvučnost*	dB	30	30	-	-	29	31
faktor difuzního odporu μ*	-	52,8	50	-	-	50	-
cena*	Kč·m ⁻²	152	168	-	-	74	-
* vlastnosti označené hvězdičkou jsou pro desku tlustou 8 mm							
**jednotlivé firmy uvádí třídy reakce na oheň podle jiných norem, viz. níže							

Tab. 6: Vlastnosti desek jednotlivých výrobců – část 2.

	jednotka	Falco wood industry	Viroc	Tamak	Amroc		Binos
		Betonyyp	Board Grey	CBPB	Panel A2	Panel B1	CSP Plus
objemová hmotnost	kg·m ⁻³	1350	1350	1250-1400	1450	1250	980-1500
modul pružnosti	MPa	4500	6000	3500	8000	7000	3500-7500
pevnost v tahu za ohybu	MPa	9	10,5	12	7,5	9	-
dodávaný rozměr: délka šířka tloušťka	mm	3200	3000	3200	3200	3200	4900
	mm	2800	1250	1250	1250	1250	1290
	mm	8 - 40	8 - 22	8 - 36	8 - 38	8 - 38	6 - 40
nasákavost	%	12	12	12	14	12	12
tloušťkové bobtnání	%	1,5	1,5	2	0,5	1	1,2-2
reakce na oheň**	-	B1	B, s1, d0	G1	A2	B1	B1
součinitel tepelné vodivosti λ*	W·m ⁻¹ ·K ⁻¹	0,260	0,230	0,216	0,350		0,350
vzduchová neprůzvučnost*	dB	30	21	32	-	30	30
faktor difuzního odporu μ*	-	22,6	-	-	-	-	-
cena*	Kč·m ⁻²	152	252	96	100	100	-
* vlastnosti označené hvězdičkou jsou pro desku tlustou 8 mm							
**jednotlivé firmy uvádí třídy reakce na oheň podle jiných norem, viz. níže							

Porovnání reakce cementotřískových desek na oheň je obtížné, protože výrobci udávají tuto vlastnost podle rozdílných norem. Cetrus, Eternit a Viroc používají pro klasifikaci desek evropskou normu EN 13 501-1 [40], Betopan, Falco wood industry, Amroc a Binos používají německou normu DIN 4102 [41] a desky Tamak jsou klasifikovány podle ruské národní normy 30244-94 [42]. Všechny desky jsou buď nehořlavé, nebo těžko hořlavé, a proto se hodí také pro výstavbu protipožárních příček.

Je patrné, že se produkty svými vlastnostmi navzájem příliš neliší. Jako nejzajímavější vlastnost pro porovnání jsem vybral pevnost v tahu za ohybu a modul pružnosti.

Nejvyšší pevnost v tahu za ohybu (20 MPa) mají desky Elto board, které se od ostatních liší použitím dlouhých dřevěných vláken místo třísek.

Nejvyššího modulu pružnosti (12500 MPa) dosáhly desky Betopan Plus, které mají povrchovou vrstvu s minerálními plnivy místo organických. To ovšem také způsobilo nejvyšší objemovou hmotnost mezi srovnávanými produkty.

U cementotřískových desek Cetriss Basic dochází k nejnižšímu tloušťkovému bobtnání při uložení ve vodě po dobu 24 hodin (0,28%). Dále mají nejnižší součinitel tepelné vodivosti ($0,200 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)

Nepodařilo se mi zjistit ceny všech výrobků, ale ze zjištěných cen jsem vypočetl silnou závislost na geografické poloze. Výrobci z východní Evropy nabízejí své produkty nejlevěji (Turecké desky Betopan: $74 \text{ Kč}\cdot\text{m}^{-2}$, Ruské desky Tamak: $96 \text{ Kč}\cdot\text{m}^{-2}$). Ve střední Evropě se cena pohybuje okolo $150 \text{ Kč}\cdot\text{m}^{-2}$ (Cetriss, Betonyp) a nejdražší desky nabízí Portugalská firma Viroc.

Nabízený sortiment desek je velice podobný, a tak se snaží firmy vyjít odběratelům vstříc nabízením montážních systémů, povrchových úprav nebo spojují desky z různých materiálů pro zlepšení jejich vlastností.

Žádná ze zmíněných firem nevyužívá pro své desky jinou surovinu jako plnivo než dřevo. Zato všichni výrobci deklarují, že jejich výrobky neobsahují azbest a formaldehyd.

9. Závěr

Organické suroviny jsou schopny dodat z nich vyráběným stavebním materiálům velice zajímavé vlastnosti. Dá se tak zužitkovat mnoho různých materiálů, a to za vzniku kvalitních stavebních dílců. Výhodou desek s organickými plnivy je právě to, že se dají využít takové suroviny, které by jinak byly pro masivní výstavbu nevhodné. Zdrobněním organických částic a jejich spojením cementovým tmelem dostaneme produkt přebírající pozitivní vlastnosti obou materiálů. Je dostatečně pevný a zároveň lehký, je odolný povětrnostním podmínkám a zároveň má dobré tepelně technické a zvukoizolační vlastnosti.

Pro výrobu deskových stavebních materiálů s organickými plnivy se v současnosti používá výhradně dřevo. Probíhají však výzkumy, které mají za cíl nahradit dřevo ve výrobě jinými, rychle obnovitelnými surovinami. Tak by se nemusely tolik kácet lesy a zanechalo by se více materiálu pro masivní výstavbu. Rychle obnovitelné zdroje, jako jsou len a konopí, svými vlastnostmi mnohdy dřevo i překonají. Je však třeba začít spolupracovat i se zemědělci, aby zajistili dostatečně silnou a kvalitní surovinovou základnu, nejlépe v blízkosti výroben. Transport lehkých plniv na větší vzdálenosti totiž suroviny neúměrně prodražuje a stávají se nedostupnými. Lněné a konopné pazdeří je výhodné i svým povrchem a tvarem. Jelikož jsou drsné, mají dobrou soudržnost s pojivem. Svým tvarem připomínají rozptýlenou výztuž, takže lépe drží tvar dílce a zlepšují i pevnost v tahu za ohybu a modul pružnosti. Také jsou výhodné z pohledu přípravy před zpracováním, které není tak náročné jako u dřeva, protože mají tenké stonky, které se jenom pomelou.

Z pohledu dostupnosti je na tom v současnosti lépe konopí seté, jehož pěstování je podporováno dotacemi Evropské Unie. Očekává se ještě větší nárůst pěstování technického konopí poté, co se ustálí poptávka ze strany jeho zpracovatelů. Konopí seté je na pěstování nenáročná rostlina, takže nebude problém přiblížit lokalitu pěstování k odběrateli. Prozatím je pěstování konopí neustálené a rok od roku kolísá množství oseté plochy. Podmínky pro pěstování jsou také ztíženy nutností ohlašovat a kontrolovat pěstování z důvodu kontroly obsahu tetrahydrokanabinolů. Celní správa se snaží udělat maximum pro osvětu pěstitelů a práci jim zjednodušit. Naopak

pěstování lnu u nás díky velice nízkým cenám dovozu upadá a v následujících letech proto nebude dostupné pro výrobu stavebních materiálů.

Při svém průzkumu evropských výrobců deskových stavebních materiálů na bázi organických plniv jsem nezjistil žádného výrobce, který by do své výroby zavedl jinou surovinu než dřevo.

Zvažoval jsem i využití odpadu po výrobě biopaliv z řepky. Tyto výroby ale poplatně současným trendům zavádí bezodpadovou výrobu, a pokud mají tuhý odpad z výroby, tak ho pálí v kotlích a vzniklé teplo používají na vytápění.

Navrhuji tedy substituovat třísky, nebo alespoň jejich část, v cementotřískových deskách technickým konopím. Pazdeří získané z technického konopí má podobné vlastnosti jako dřevěné třísky. Oproti dřevu ale odpadá složité zpracování těžkou mechanizací, což vede ke snížení nákladů na výrobu. Na rozdíl od dřeva, které musí růst desítky let, je vegetační cyklus konopí jednoletý, což usnadňuje dostupnost a zvyšuje výtěžnost, která je více než čtyřnásobná. Rostlina technického konopí se zpracovává celá, takže nevzniká žádný odpad.

Při zkoušení vhodnosti náhrady dřeva v cementotřískových deskách by se mělo zaměřit na vlastnosti požadované normou ČSN EN 634-2 [39]. To je minimální objemová hmotnost $1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, pevnost v tahu za ohybu větší než 9 MPa a modul pružnosti minimálně 4500 MPa. Bylo by vhodné použít více směsí na výrobu desek se zvyšujícím se procentem konopného pazdeří jako plniva, aby se dal pozorovat vliv substituce dřeva a nalezení optimálního poměru míšení třísek a pazdeří.

10. Literatura

- [1] PYTLÍK, Petr. Vlastnosti a užití stavebních výrobků. Brno: VUTIUM, 1998, 399 s. ISBN 80-214-1123-6.
- [2] BODNÁROVÁ, Lenka. Kompozitní materiály ve stavebnictví. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002, 122 s. ISBN 80-214-2266-1.
- [3] MATOUŠEK, Milan. Lehké stavební látky II, 3. Vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1985, 130s.
- [4] PYTLÍK, Petr. Technologie betonu. 2. vyd. Brno: VUTIUM, 2000, 390 s. ISBN 80-214-1647-5.
- [5] ADÁMEK, Jiří. Stavební materiály. 1. vyd. Brno: CERM, 1997, 205 s. ISBN 80-214-0631-3.
- [6] *Atlas dřeva* [online]. [2012-04-10]. Dostupné z: http://www.atlasdreva.hu.cz/mikro_domaci/verca-teorie_mikroskopicke_znaky_dreva.html#mikroskopicke_znaky_dreva
- [7] ROVNANÍKOVÁ, Pavla. Stavební chemie. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005, 48 s. ISBN 80-720-4411-7.
- [8] BARON, Thomas. *Přednášky předmětu Material III – Holz*, Weimar, 2011
- [9] BÖHM, Martin a kol. Materiály na bázi dřeva. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra zpracování dřeva, 2012, 183 s. ISBN 978-80-213-2251-6
- [10] CHYBÍK, Josef. *Přírodní stavební materiály*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2009, 268 s. ISBN 978-80-247-2532-1.
- [11] *Systém multimediální elektronické publikace* [online]. 2006, [2012-04-12]. Dostupné z: http://etext.czu.cz/img/skripta/64/tf_43e-1.pdf
- [12] BYDŽOVSKÝ, Jiří. *Vlastnosti a užití stavebních materiálů v konstrukci*, Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2007

- [13] *Biom* [online]. 1.1.2010, 19.5.2010 [2012-04-03]. Dostupné z:
<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hneda-bila>
- [14] KHESTL, Filip, *Konopí jako náhrada dřeva v cementotřískových deskách*, VUT v Brně, Fakulta stavební, THD, 2006, 5 s.
- [15] *Vodní sklo* [online]. [2012-04-19]. Dostupné z:
<http://www.vodnisklo.cz/view.php?cisloaktuality=2009120702>
- [16] TOŠKOVÁ, Marie a kol. *Sítuační a výhledová zpráva len a konopí*, Praha: Ministerstvo zemědělství, 2010, 49 s. ISBN 978-80-7084-900-7, ISSN 1211-7692, MK ČR E 11003
- [17] *eAgri* [online]. [2012-05-05]. Dostupné z:
<http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/roslinne-komodity/len-konopi/>
- [18] HOLUBÁŘ, Josef a kol. *Přehled odrůd lnu olejného a konopí setého*, Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 2010, 56 s. ISBN 978-80-7401-026-2
- [19] *Eternit* [online]. [2012-05-18]. Dostupné z: www.etsnit.de
- [20] *Binos* [online]. [2012-05-18]. Dostupné z: www.binos.de
- [21] *Eltomation* [online]. [2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.eltomation.com>
- [22] *Betopan* [online]. [2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.betopan.com.tr/eng>
- [23] *Falco-industry* [online]. [2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.falco-woodindustry.com/>
- [24] *Viroc* [online]. [2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.viroc.biz/de>
- [25] *Tamak* [online]. [2012-05-18]. Dostupné z: <http://eng.tamak.ru>
- [26] *Amroc* [online]. [2012-05-18]. Dostupné z:
<http://www.amroc.de/pages/de/index.php>
- [26] *ekoživot.cz* [online]. [2012-05-21]. Dostupné z:
<http://www.ekoživot.cz/clanky/bambus-material-21-stoleti/>

- [27] PYTLÍK, Petr. *Vlastnosti a užití stavebních výrobků*. Brno: VUTIUM, 1998, 399 s. ISBN 80-214-1123-6.
- [28] VŠCHT Praha, [online]. [2012-03-11]. Dostupné z: http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/res_mikroskopicka_stavba_dreva/index.htm
- [29] *Atlas dřeva* [online]. [2012-04-10]. Dostupné z: http://www.atlasdreva.hu.cz/makro_exoticke/teorie_stavba_kmene.html
- [30] *Lesnická a dřevařská fakulta, ústav nauky o dřevě* [online]. [2012-04-11]. Dostupné z: <http://wood.mendelu.cz/eLearning/FMVD/content/section3.html>
- [31] BARON, Thomas. *Přednášky předmětu Material III – Holz*, Weimar, 2011
- [32] *Yardcare.com* [online]. [2012-04-18]. Dostupné z: <http://www.yardcare.com/create/tips-facts-create/protect-with-straw-illustrated/>
- [33] *Přírodní matrace* [online]. [2012-04-18]. Dostupné z: <http://www.prirodnimatrace.cz/materialy-pro-prirodni-matrace/kokos-do-matrace>
- [34] ČSN EN 197 – 1 Cement - Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití
- [35] *Bauhaus-Universität Weimar* [online]. [2012-04-15]. Dostupné z: <http://www.uni-weimar.de/presse/pub/presse/bild-1184-117849.php>
- [36] BYDŽOVSKÝ, Jiří; KEPRDOVÁ, Šárka; MELICHAR, Tomáš. *Rešerše současného stavu na trhu s deskovými materiály na bázi organických výplní*, 2011, VÝZKUMNÁ ZPRÁVA Č.01/11 FR-TI3/595
- [37] *EltoMation* [online]. [2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.eltomation.com/Eng/leaptumb.html>
- [38] *Cetris* [online]. [2012-05-18]. Dostupné z: <http://cetris.cz/rady-a-informace/vlastnosti-desek-cetris/>
- [39] ČSN EN 634-2: Cementotřískové desky - Specifikace - Část 2: Požadavky pro třískové desky spojené portlandským cementem pro použití v suchém, vlhkém a venkovním prostředí

[40] EN 13 501-1: Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb –
Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň

[41] DIN 4102 - 1: Chování stavebních materiálů a stavebních dílců při požáru –
část 1: Stavební materiály – pojmy, požadavky a zkoušky

[42] ГОСТ 30244-94: Stavební materiály. Metody zkoušení hořlavosti

11. Seznam použitých zkratk a symbolů

μ – faktor difuzního odporu

φ – relativní vlhkost vzduchu

w – obsah vlhkosti

λ – součinitel tepelné vodivosti

U – součinitel prostupu tepla

OH – objemová hmotnost

OSB – (oriented strand board) deska z orientovaných plochých třísek

MDF – (medium density fiberboard) dřevovláknitá deska se střední hustotou

CBPB – (cement bonded particle board) cementotřísková deska

RAL – (Reichsausschuss für Lieferbedingungen) standard pro stupnici barevných odstínů

CEM I – portlandský cement

THC – tetrahydrocannabinol